ترجمة: لؤي عشري

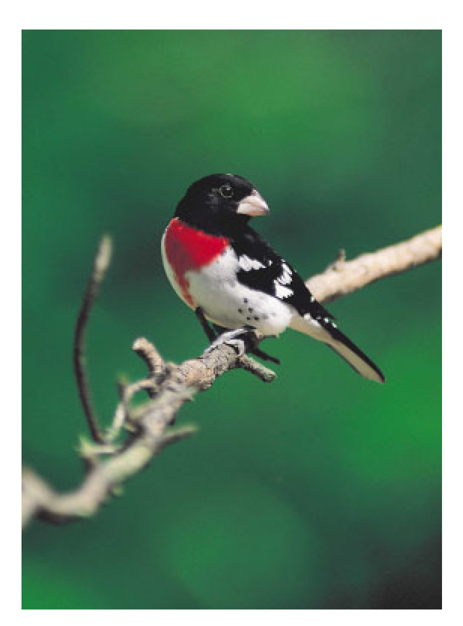
لماذا التطور حقيقة



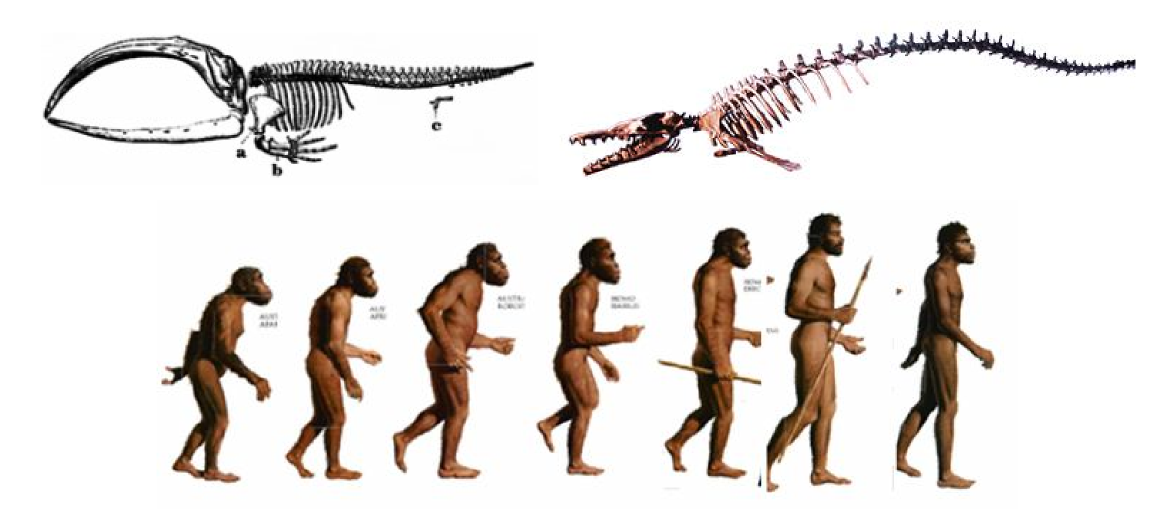
جيري أ. كوين

أستاذ البيولوجيا التطورية بجامعة شيكاجو

لماذا النشوء والتطور حقيقة







تأليف: Jerry A. Coyne

أستاذ علم الأحياء التطوري بجامعة شيكاجو

ترجمه إلى العربية: لؤي عشري

Original Title: Why evolution is true

Author: Jerry A. Coyne

Publisher: Oxford University press

Translated to Arabic by Louai Ashry

loayashry@yahoo.com

المحتويات

إهداآ المؤلف والمترجم...٤

مقدمة المترجم...٥

تمهيد...٦

مقدمة...٩

الفصل الأول: ما هو التطور؟...١٣

الفصل الثاني: مكتوب في الصخور (تاريخ الحياة ومتحجرات الحلقات الانتقالية)..................٢٥

الفصل الثالث: الآثار: الأعضاء الأثرية والأجنة والجينات الميتة والتصميمات السيئة.................٥٤

الفصل الرابع: الجغرافيا الحيوية (انتشار الكائنات).......................................٧٥

الفصل الخامس: محرك التطور...٩١

الفصل السادس: كيف يقود الجنس التطور...................................١١٢

الفصل السابع: أصل الأنواع...١٣٠

الفصل الثامن: ماذا عنا؟..١٤٤

الفصل التاسع: التطور، عودة على ذي بدء ١٧٠

الملاحظات...١٧٨

معاني مصطلحات علمية..١٨٧

إهداء المترجم

إلى المثقفين والمفكرين والعلماء العرب

إهداء المؤلف

For Dick Lewontin

il miglior fabbro

مقدمة المترجم

عندما نجد أشكالاً انتقالية، فهي تظهر في السجل الأحفوري تماماً حيث ينبغي أن تكون. أقدم الطيور تظهر بعد الديناصورات لكن قبل الطيور الحديثة. نرى حيتاناً سلفية تسد الفجوة بين أسلافهم عديمي الخبرة بالسباحة والحيتان الحديثة تماماً. إن لا يكن التطور حقيقة، لما ظهرت المتحجرات في ترتيب له منطق تطوري. مسؤولاً ما هي الملاحظة الممكن تصورها تدحض التطور، تذمر عالم الأحياء سريع الغضب ***J. B. S. Haldane*** *حسبما يُقال مجيباً: "متحجرات أرانب في العصر الكامبريّ!" (العصر الجيولوجي الذي انتهى عند ٥٤٢ مليون عام ماضٍ). ليس هناك من حاجةٍ للقول، لم يُعثَر قط على أرانب قبل كامبرية أو أي متحجرات أخرى منطوية على مفارقة تاريخية.*

من الفصل الثاني من هذا الكتاب

حينما وضع تشارلز داروِن البريطاني عالم التاريخ الطبيعي والحيوان نظريته في النشوء والتطور عبر الانتخاب الطبيعي للصفات في أواخر القرن التاسع عشر في كتابه (أصل الأنواع) كانت الكثير من العلوم ما زالت في مهدها كعلم الأجنة والتشريح والحيوان وسلوك الحيوان والمتحجرات، وأخرى لم تكن قد نشأت وعُرِفت بعد كعلم الوراثة والجينات والحمض النووي والطفرات الوراثية. لقد أدت كل هذه الاكتشافات والعلوم والملاحظات إلى نشوء ما يسمى اليوم بـ "نظرية التطور الحديثة" أو "الداروِنية الحديثة" على أساس من علم الجينات أو الوراثة الذي لم يكن يعرف داروِن ومعاصروه شيئاً عنه حيث لم يكن قد تم اكتشاف قوانين الوراثة وذيوعها والجينات والحمض النووي بتسلسلاته. وحين يطالع المرء مقالات وبحوث الدوريات العلمية ومواقع الإنترنت الجامعية في مجال علم الحياء وفرعه علم الأحياء التطوري يشعر أن النشر الجماهيري العلمي قد صار في أمس الحاجة إلى "أصل الأنواع" جديد ومعاصر، بمعنى كتاب موسوعي ككتاب داروِن، يعالج الأسس العلمية وآخر الاكتشافات والحقائق طبقاً لأحدث المعطيات العلمية. لقد كان جهد داروِن في تأليف أصل الأنواع أو غيرها من عشرات الكتب له رغم بداءة العلوم في عصره ضخماً للغاية وخارقاً موسوعياً حيث تعمق سواء في قراآت ومراجع عصره أو دراساته الحقلية خلال رحلاته العلمية حول العالم كعالم للتاريخ الطبيعي واستغرق عشرين سنة يجمع الملاحظات لعمل كتابه الشهير. وقد تفضل المجلس الأعلى للثقافة بقسم المشروع القومي للترجمة بنشر أشهر كتابين لداروِن وهما (أصل الأنواع) و(نشأة الإنسان والانتخاب الجنسي) إلا أن كتباً كهذه مع تقدم العلوم اليوم

تعتبر بدائية وتراثية للغاية ومليئة بالغموض والأمور المجهولة والتي في عصرنا الحالي لم تعد مجهولة ولا من الغوامض المطلسمة بل عُرِفت وتُوُسِع فيها ككيفية انتقال الصفات الوراثية وقوانينها وظاهرة الطفرات الوراثية والجينات الزائفة وعلم المتحجرات والحلقات الانتقالية وغيرها.

ولعل هذا الكتاب لأستاذ الأحياء Jerry A. Coyne بجامعة شيكاجو بأمركا، هو سعي مجتهد فاضل على طريق كتب من هذا النوع، ولعله قد أدرك الكمال في التأليف بهذا العمل الموسوعي الموجز. وأحد أهم فصوله هو الفصل الثالث ويتحدث عن علم الجينات وعلم وظائف الأعضاء وعلم الأجنة في علاقتهم بالتطور.

يتوجب الإشارة إلى أنه حيثما ترد في الترجمة كلمة (جينيّ) فهي تعني كذلك (وراثيّ)، ونادراً ما بدلت كلمة جيني **Genetic** بكلمة وراثي، كما في عبارة التباين الوراثي والانجراف الوراثي والدراسات الوراثية، وكثيراً ما ترجمت كلمة (بيولوجيّ) بكلمة (حيويّ)، وكلمة (كروموسوم) أو (كروموسوميّ) بكلمة (صبغيّ)، وقد راعيت الترجمة بدقة دون تغيير للمادة كما وردت وحرفياً، وإن استبدلت كلمة (الدارونية) التي استعملها الكاتب أحياناً بكلمة (نظرية التطور)، كما زودت كمترجم إلى العربية الكتاب ببضع صور إضافية كصور لبعض المتحجرات الانتقالية الهامة ونماذج لثنائية الشكل الجنسية وغيرها لإضفاء المزيد من الحيوية والمشاهدة البصرية على الكتاب كأداوت توضيحية وأدلة، وهذه الصور بلا أرقام.



في ٢٠ ديسمبر من عام ٢٠٠٥، ككثير من العلماء في هذا اليوم، استيقظت شاعراً بالقلق، فالقاضي الفيدرالي John Jones في Harrisburg، في بنسلڤانيا، كان على وشك إعلان حكمه في القضية المرفوعة، من Kitzmiller et al ضد Dover Area School District et al مدرسة بلدة دوڤر والآخرين. لقد كانت قضية فاصلة، وحكم جون كان سيحدد كيف ستُدرِّس المدارس الأمركية التطور.

بدأت الأزمة التعليمية على استحياء، عندما واجه رجال الإدارة التعليمية في بلدة the Dover، في بنسلڤانيا، نقاشاً بصدد أي كتاب مدرسي لعلم الأحياء سيُأمر به لمنهج المدرسة العليا (الثانوية) المحلية. اقترح بعض أعضاء مجلس المدرسة المتدينين_ غير راضين بمناصرة نص الكتاب المدرسي الحالي للتطور الدارويني_ كتباً بديلة تحتوي فرضية الخلق الكتابية. بعد جدال محتدم، أقر المجلس قراراً يفرض على مدرسي علم الأحياء في مدرسة Dover High school قراءة البيان التالي على فصول الدرجة التاسعة الخاصة بهم:

"تتطلب المعايير الأكاديمية لبنسلڤانيا من الطلاب التعلم عن نظرية داروين للتطور وآخر الأمر لعمل اختبار قياسي يكون التطور جزءً منه. لأن نظرية داروين هي نظرية، فهي تستمر في أن تُختَبَر كلما اكتُشِف اكتشاف جديد. النظرية ليست حقيقة. توجد ثغرات في النظرية إذ لا يوجد لها دليل....التصميم الواعي الذكي هو شرح لأصل الحياة يختلف عن رأي داروين. إن الكتاب المدرسي (عن الباندا والناس) متاح للطلاب ليروا إن كانوا يحبون استكشاف هذا الرأي في مسعى لكسب فهم عما يشمله التصميم الذكي حقيقةً. وكما يصح قولنا بصدد أي نظرية أخرى: فالطلاب مُشجَّعون على البقاء منفتحي العقول."

أشعل هذا زوبعة نارية في القضية التعليمية. فقد استقال اثنان من أعضاء المجلس التعليمي التسعة، ورفض كل مدرسي علم الأحياء قراءة البيان على صفوفهم، محتجين بأن (التصميم الذكي) هو دين وليس علماً. وحيث أن تقديم التعاليم الدينية في المدارس الحكومية هو انتهاك لدستور الولايات المتحدة، فقد رفع أحد عشر ولي أمر غاضب القضية إلى المحكمة.

ابتدأت القضية في ٢٦ سبتمبر عام ٢٠٠٥، واستمرت لستة أسابيع، وكانت مسألة حيوية، أعلنت على نحو معلَّل ك (قضية Scopes في قرننا)، بعد المحاكمة الشهيرة في عام ١٩٢٥ لمدرس المرحلة التعليمية العليا John Scopes، من Dayton, Tennessee، والتي أدين فيها لتعليمه أن البشر قد تطوروا. نزلت الصحافة القومية إلى بلدة Dover الناعسة، والتي هي منذ ثمانين سنة أبكر القرى نوماً في Dayton، حتى حفيد تشارلز دارون، برز في الحدث، باحثاً القضية في كتاب.

لكل الأسباب فقد كانت اضطراباً. كان الادعاء بارعاً ومستعداً جيداً، والدفاع فاقداً البريق. اعترف العالم الألمع الشاهد الخاص بالدفاع بأن تعريفه لـ "العلم" كان متحرراً بحيث يمكن أن يشمل التنجيم. وفي النهاية، بُرهِن على أن كتاب (عن الباندا والناس) كان عملاً مدبراً مسبقاً، كتاب خَلقيّ فيه تُستبدل كلمة "الخلق" ببساطة بكلمة "التصميم الذكي".

لكن القضية لم تكن واضحة النتيجة قبل إعلانها، فإن القاضي Jones كان معيناً من قِبَل الرئيس George W. Bush، وهو متردد مخلص على الكنيسة، ومؤيد للحزب الجمهوري المحافظ، فليس بالضبط مؤيداً للتطور. حبس كل امرئ أنفاسه وانتظر بتوتر.

قبل خمسة أيام من عيد الميلاد، أعلن Jones حكمه، لصالح التطور. هو لم يصطنع الكلام، حاكماً بأن سياسة المجلس التعليمي هي واحدة من "التفاهات المفزعة"، تلك التي كذَّبها المدعى عليهم عندما ادعوا أنهم لا يقومون بتحريضات دينية، والأهم، أن التصميم الذكي كان مجرد خَلقية معادة التدوير.

"إن رأينا أن المطلع الصائب التفكير والموضوعي، بعد النظر في الملف الضخم لهذه القضية، ومسألتنا هذه، يصل إلى النتيجة الحتمية أن التصميم الذكي هو جدال لاهوتي مثير للاهتمام، إلا أنه ليس علماً...... والخلاصة، فإن تنصل المجلس التعليمي بتمييز نظرية التطور بمعالجة خاصة، يحرف مكانتها في المجتمع العلمي، ويجعل الطلاب يشكون في صحتها دون تبرير علمي، مقدماً للطلاب بديلاً دينياً متنكرَ كنظرية علمية، موجهاً إياهم للتعامل مع نص خَلقي (عن الباندا والناس) كما لو أنه مرجع علمي، ويُعلِّم الطلابَ الامتناعَ عن التساؤل العلمي في فصول المدارس الحكومية، وبدلاً عن ذلك البحث عن التعاليم الدينية في كل الأمور."

ثم أيضاً انطلق Jones بخفة إلى جانب ادعاء الدفاع أن نظرية التطور متصدعة على نحو مهلك:

"بالتأكيد، فإن نظرية دارون عن التطور غير ملزمة. ومع ذلك، حقيقة أن نظرية علمية لا يمكنها علاوة على ذلك تقديم تفسير كل النقاط لا يجب أن تُستعمَل كذريعة للطعن بنظرية بديلة غير قابلة للاختبار قائمة على الدين في الحصص العلمية تحريفاً للفرضيات العلمية الراسخة."

لكن الحقيقة العلمية تُقرر من قِبَل العلماء، لا القضاة. ما قام به **Jones** كان ببساطة منع تشويش حقيقة راسخة من قِبَل مناوآت وثوقية ومتحيزة. ومع ذلك، كان حكمه نصراً عظيماً للمدارس الأمركية، وللتطور، وحقيقةً للعلم نفسه.

مع ذلك، فلم يكن ذلك هو وقت الشعور بالارتياح. فهذه بالتأكيد لم تكن آخر معركة سنحتاج إلى خوضها لمنع الرقابة على التطور في المدارس. فخلال أكثر من خمس وعشرين سنة من التدريس والدفاع عن التطور البيولوجي، تعلمت أن الخلقية كلعبة المهرج السمين القصير القابل للنفخ التي لعبت بها في صغري: عندما تلكمها تهبط، لكن بعد ذلك تنتفخ مجدداً. وإذا كانت قضية بلدة **Dover** قصة أمركية، فإن الخلقية ليست مشكلة أمركية على نحو فردي. فإن الخلقيين_الذين ليسوا بالضرورة أن يكونوا مسيحيين فقط_يرسخون مواطئ أقدامهم في أجزاء أخرى من العالم، خاصة في الولايات المتحدة، وأستراليا، وتركيا. تبدو المعركة لأجل التطور لا تنتهي. والمعركة هي جزء من حرب أوسع، حرب بين العقلانية والخرافة. إن ما هو على المحك ليس إلا العلم نفسه وكل فوائده التي يقدمها للمجتمع.

تعويذة مناوئي التطور_سواء في أمركا أو أي مكان آخر_هي نفسها دوماً: "نظرية التطور في أزمة". بما يتضمن أن هناك ملاحظات صعبة الفهم بصدد الطبيعة تتعارض مع الداروينية. إلا أن التطور هو أكثر من "نظرية"، ناهيك عن نظرية في أزمة. إن التطور حقيقة علمية. وبعيداً عن الشك المطروح منهم على الداروينية، فإن الأدلة المجموعة من قِبَل العلماء خلال قرن ونصف مضى تدعمها على نحو تام، مبرهنة أن التطور قد حدث، وأنه حدث إلى حد كبير من خلال أعمال الانتخاب الطبيعي، كما اقترح دارون.

يعرض هذا الكتاب الخطوطَ الرئيسية للأدلة على التطور. بالنسبة للذين يعارضون التطور كمسألة إيمان على نحو محض، لا كم الأدلة، فما لديهم هو اعتقاد غير قائم على العقل. أما بالنسبة للذين يجدون أنفسهم غير متأكدين، أو يقبلون التطور لكن غير متأكدين من كيفية الجدال في قضيتهم، فهذا الكتاب يعطي موجزاً بليغاً

لسبب إدراك العلم الحديث للتطور كحقيقة. أقدمه على أمل أن يشاركني الناس في كل مكان تعجبي من القوة التفسيرية الشفافة للتطور الداروني، ويواجهوا معانيه الضمنية بلا خوف.

أي كتاب عن علم الأحياء التطوري هو بالضرورة تعاون، إذ الحقل يتضمن مجالات متعددة كعلم المتحجرات، والأحياء الجزيئي، وعلم الجينات، وعلم الجغرافيا الأحيائية، ولا يمكن لشخص واحد التسيد فيهم كلهم. أنا ممتن لمساعدات ونصائح الكثير من الزملاء، الذين أرشدوني بصبر وصححوا أخطائي، هؤلاء يتضمنون: **Richard Abbott, Spencer Barrett, Andrew Berry, Deborah Charlesworth, Peter Crane, Mick Ellison, Rob Fleischer, Peter Grant, Matthew Harris, Jim Hopson, David Jablonski, Farish Jenkins, Emily Kay, Philip Kitcher, Rich Lenski, Mark Norell, Steve Pinker, Trevor Price, Donald Prothero, Steve Pruett-Jones, Bob Richards, Callum Ross, Doug Schemske, PaulSereno, Neil Shubin, Janice Spofford, Douglas Theobald, Jason Weir, Steve Yanoviak, and Anne Yoder** . وإني لأعتذر للذين نُسِيَت أسماؤهم دون قصد، وأبرئ الجميع عدا نفسي من أي أخطاء باقية. أنا ممتن على نحو خاص لـ **Matthew Cobb, Naomi Fein, Hopi Hoekstra, and Brit Smith**، الذين قرؤوا المخطوطة التامة.

كان الكتاب سيكون مجدباً بشدة دون العمل الصعب والفطنة الفنية للرسام **Kalliopi Monoyios**. ختاماً، فإنني ممتن لوكيلي الأدبي **John Brockman**، الذي وافقني أن الناس يحتاجون إلى سماع الأدلة على التطور، وللمحررة من مطبعة جامعة أوكسفورد **Latha Menon** لمساعدتها ونصيحتها ودعمها الذي لا يكل.

مقدمة

"داروين مهم، لأن التطور مهم، التطور مهم لأن العلم مهم، العلم مهم لأنه القصة المتفوقة لدهرنا، قصة ملحمية عن من نحن، من أين أتينا، وإلى أين نمضي."

Michael Shermer

من بين كل العجائب التي اكتشفها العلم عن الكون الذي نسكن فيه، لا موضوع أثار فتنة وسخطاً أكثر من التطور. هذا ربما لأنه لا تحمل المعلومات عن أي مجرة عظيمة أو نيوترين مثل تلك المعاني الضمنية ذوات الطبيعة الشخصية. يمكن للتعلم عن التطور أن يغيرنا على نحو عميق. فهو يرينا موضعنا في كل أبهة الحياة العظيمة والرائعة. إنه يوحدنا مع كل كائن حي على الأرض اليوم ومع عشرات الآلاف من الكائنات التي انقرضت منذ زمن بعيد. يعطينا التطور الرواية الحقيقية عن أصولنا، بدلاً من الأساطير التي أرضتنا لآلاف السنين، يجد البعض هذا مرعباً بشدة، وآخرون مثيراً على نحو لا يوصف.

انتمى تشارلز داروين_بالتأكيد_إلى الفئة الثانية، وعبر عن جمال التطور في الفقرة الختامية الشهيرة لكتابه الذي كان فاتحة كل ما تلاه، كتاب (عن أصل الأنواع) عام ١٨٥٩:

"هناك عظمة في هذه الرؤية للحياة، فبقدراتها العديدة المختلفة، منفوخةً في الأصل إلى أشكال قليلة أو شكل واحد، وبينما كان هذا الكوكب يدور بناء على قانون الجاذبية الثابت، من خلال بداية بسيطة إلى هذا الحد طُوِّرَت وتُطوَّر أشكال لانهائية ورائعة للغاية. لكن هناك بدرجة أكبر سبب آخر للتعجب. إذ أن عملية التطور، الانتخاب الطبيعي، الآلية التي قادت أول مجرد جزيء ناسخ لنفسه إلى تنوع ملايين المتحجرات والأشكال الحية، هي آلية ذات بساطة وجمال مذهلين. وهؤلاء هم فقط من يفهمون كيف أنه تُكشَف الرهبة النابعة من إدراك كيفية قدرة عملية مستقيمة كهذه على إنتاج صفات متنوعة على غرار زهور الأوركيد، وجناح الوطواط، وذيل الطاووس."

مجدداً في أصل الأنواع، يصف داروين_متشرباً بالأبوية الفكتورية_هذا الشعور:

"عندما نتوقف عن النظر إلى أحد الكائنات المتعضية مثلما ينظر الإنسان الهمجي إلى إحدى السفن، على أساس أنها شيء أبعد تماماً من قدرته على الاستيعاب، وعندما نتأمل في كل تركيب معقد وغريزة معقدة على أساس أنها الخلاصة الخاصة بالعديد من الوسائل المخترَعَة، التي يكون كلٌّ منها مفيداً للحائز عليه، وبنفس الطريقة التي يكون بها أي مُخْتَرَع آلي عظيم هو الخلاصة الخاصة بالعمل، والخبرة، والتفكير، وحتى التخبطات والأخطاء الخاصة بالعديد من الأفراد العاملين، وعندما نتطلع بهذا الشكل إلى كل كائن متعضي، فلنا أن نتصور المدى الأكبر للتشويق_وأنا أتكلم من واقع التجربة_التي قد تصبح عليها دراسة التاريخ الطبيعي."

نظرية دارون عن أن كل أشكال الحياة هي منتج للتطور، وأن تلك العملية قِيدَت إلى حد بعيد بالانتخاب الطبيعي، دُعِيَت بأعظم فكرة جاءت على ذهن أي امرئ. لكنها أكثر من مجرد نظرية جيدة، أو حتى بديعة. بل هي أيضاً صحيحة. رغم أن فكرة التطور نفسها لم يكن دارون مبتكرها، فإن الأدلة الوافرة التي حشدها لصالحها أقنعت أغلب العلماء والكثير من القراء المثقفين أن الحياة في الحقيقة قد تغيرت عبر الزمن. هذا استغرق حوالي عشر سنوات فحسب بعد نشر (عن أصل الأنواع) في عام ١٨٥٩. لكن لسنوات كثيرة بعد ذلك، ظل العلماء متشككين بصدد فكرة دارون الرئيسية المبتكرة: نظرية الانتخاب الطبيعي. ففي الحقيقة، لو كان هناك زمن على الإطلاق عندما كان التطور "مجرد نظرية"، أو كانت "في أزمة"، فهو النصف الأخير من القرن التاسع عشر، عندما كانت الأدلة على آلية التطور غير واضحة، والوسائل التي تعمل بها_الجينات_ كانت لا تزال مجهولة. هذا كله تم تسويته في العقود الأولى من القرن العشرين، ومنذ ذلك استمرت الأدلة على كلٍ من التطور والانتخاب الطبيعي في الارتقاء، ساحقة المعارضة العلمية للتطور. بينما كشف علماء الأحياء الكثير من الظواهر التي لم يكن دارون ليتخيلها. ككيفية تمييز العلاقات التطورية بين الكائنات من تسلسلات الحمض النووي منزوع الأكسجين **DNA**، فأولاً النظرية المقدمة في (أصل الأنواع) قد ترسخت بثبات. اليوم لدى العلماء يقين بالتطور بنفس القدر الذي لديهم في وجود الذرات، أو الكائنات المجهرية (الميكروبات) كسبب للأمراض المعدية.

لماذا إذن نحتاج كتاباً يقدم لنا الأدلة على نظرية صارت منذ أمد بعيد جزءً من تيار العلم؟ فمع ذلك، لا أحد كتب كتباً تشرح الأدلة على وجود الذرات، أو نظرية الجراثيم المسببة للأمراض. ما المختلف جداً بالنسبة إلى التطور؟

لا شيء، وكل شيء. صحيح أن التطور راسخ بقوة كحقيقة علمية (هو كذلك كما سنتعلم، أكثر من "مجرد نظرية" بمعنى فرض علمي)، ولا يحتاج علماء الأحياء إلى إقناع أكثر. لكن الأمور مختلفة خارج الدوائر العلمية. فبالنسبة إلى الكثيرين يزعج التطور إحساسهم بالنفس. إن كان التطور يقدم درساً، فيبدو أنه أننا لسنا فقط مرتبطين بكل الكائنات، بل نحن_مثلهم أيضاً_منتج القوى التطورية العمياء وغير الشخصية. فإن كان البشر هم فقط واحد من المنتجات الكثيرة للانتخاب الطبيعي، فربما نحن لسنا استثنائيين برغم كل شيء. يمكن تفهم لماذا هذا لا يسر تماماً الكثير من الناس الذين يعتقدون أننا جئنا إلى الوجود بطريقة مختلفة عن الأنواع الأخرى من الكائنات، كالغاية المميزة لهدف إلهي. فهل لوجودنا أي غاية أو معنى يميزنا عن الكائنات الأخرى؟ اعتقد البعض كذلك أن التطور يزيل الأخلاق. فإن كنا_برغم كل شيء_ببساطة حيوانات، فلماذا لا نتصرف كالحيوانات؟ ما الذي يبقينا أخلاقيين إن كنا لسنا أكثر من قرود ذوي أدمغة كبيرة؟ لا نظرية علمية أخرى تسبب مثل هذا الانزعاج لعوام الناس.

إنه لمن الواضح أن هذه المقاومة تنشأ إلى حد بعيد من الدين. يمكنك أن تجد أدياناً ليس فيها عقيدة الخلق[1]، لكنك لا تجد أبداً عقيدة الخلق دون الدين. فالكثير من المتدينين لا يعتقدون فحسب أن البشر استثنائيون، بل ينكرون حقيقة التطور بالتأكيد على أننا_كالأنواع الأخرى_مواد خلق إلهي لحظي من قِبَل الألوهية. بينما وجد الكثير من الناس المتدينين سبيلاً للمواءمة بين حقيقة التطور ومعتقداتهم الروحانية، لا توفيق مثل هذا ممكن إن التزم امرؤٌ بعقيدة الخلق المستقل لكل كائن على حدة كحقيقة حرفية. هذا سبب شدة قوة المعارضة لحقيقة التطور في الولايات المتحدة الأمركية وتركيا. حيث تتغلغل المعتقدات الأصولية. تظهر الإحصائيات بشدة مدى المقاومة التي يقوم بها الأمركيون لقبول الحقيقة العلمية البسيطة للتطور. رغم الأدلة العلمية غير القابلة للدحض أو الجدل لحقيقة التطور، فسنة تلو سنة تظهر الاستبيانات أن الأمركيين متشككون على نحو مؤسف في هذا الفرع الوحيد من علم الأحياء[2]. في عام ٢٠٠٦، على سبيل المثال، طُلِب من الراشدين في ٣٢ ولاية أن يجيبوا على التوكيد التالي: "الكائنات البشرية_كما نعرفهم_تطوروا من نوع أبكر من الحيوانات."، بالإجابة إذا كانوا يعتبرونه حقيقة، أم خطأ، أم غير متأكدين. في العصر الحاضر، هذه العبارة صحيحة تماماً، كما سوف نرى: دليل الجينات والمتحجرات يظهران أن البشر تحدروا من خط تحدر للرئيسيات، والذي انفصل عن سلفنا المشترك مع الشمبانزي منذ حوالي سبعة ملايين سنة. ورغم ذلك فإن نسبة ٤٠% فقط من الأمركيين_أي أربعة من كل

[1] *كالبوذية والجاينية والتاوية والكونفوشية–المترجم*

[2] *علم الأحياء التطوري هو فرع رئيسي في الجامعات الغربية–المترجم*

عشرة أشخاص_حكموا على الجملة بأنها صحيحة (كانت النسبة أعلى بـ ٥% عام ١٩٨٥). يكافئ هذا الرقم تقريبا نسبة الأشخاص الذين قالوا أنها خطأ وهي ٣٩%، والباقون ٢١% هم ببساطة غير متأكدين.

هذا يصير جديراً بالملاحظة بدرجة أكبر عندما نقارن هذه الإحصائيات بالتي في البلاد الغربية الأخرى. فمن بين واحد وثلاثين أمة أخرى ممسوحة بالاستبيانات، فقط تركيا_حافلة بالأصولية الدينية_تحتل مرتبة أدنى في قبول التطور (٢٥% يقبلون، ٧٥% يرفضون). الأوربيون_على جانب آخر_يسجلون نسباً أفضل بكثير، بأكثر من ٨٠% في فرنسا والدول الإسكندناڤية وأيسلاند يرون التطور كحقيقة. في اليابان ٧٨% من الناس يوافقون أن البشر قد تطوروا. تخيل لو أن أمركا احتلت مرتبة أقرب إلى الأخيرة بين البلدان التي تقبل وجود الذرات! كان الناس سينطلقون فوراً للعمل على تحسين التعليم في علم الفيزياء.

ويتلقى التطور ضربة أكثر على مستوى أعلى عندما نصل إلى ليس تقرير إذا كان صحيحاً، بل إذا كان يجب أن يُدرَّس في المدارس الحكومية. فحوالي ثلثي الأمركيين يشعرون أن التطور إذا دُرِّس في الحصص العلمية، فيجب ان يُدرَّس الخلق كذلك. فقط ١٢% _واحد من كل ثمانية أشخاص_يعتقدون أن التطور يجب أن يُدرس دون إشارة لبديل خلقي. ربما جدلية "تدريس كل الجوانب" تروق للإحساس الأمركي بالمعاملة العادلة، لكن بالنسبة إلى معلم فهو أمر محبط حقاً. فلماذا تدريس نظرية مكذوبة مبنية على أساس ديني_حتى وإن تكن مصدقة على نحو عريض_جنباً إلى جنب مع نظرية علمية واضحة الصحة للغاية؟ هذا كالمطالبة بتدريس السحر والعرافة في كليات الطب جنباً إلى جنب مع الطب العلمي الحديث، أو التنجيم في حصص علم النفس كنظرية بديلة للسلوك الإنساني. ربما أكثر الإحصائيات إرعاباً هي هذه: رغم قوانين التجريم، فإن واحداً من كل ثمانية مدرسي أحياء تقريباً في المدارس العليا الأمركية يسمحون بتقديم الخلقية أو التصميم الذكي كبديل علمي صحيح للتطور. (وربما هذا ليس مذهلاً إن علمنا أن واحداً من كل ستة مدرسين يعتقدون أن الله خلق البشر بشكلهم الحالي تقريباً، منذ عشرة آلاف سنة فقط!).

على نحو مؤسف، فإن معاداة التطور التي كثيراً ما اعتُبِرت مشكلة أمركية بصورة مميزة، تنتشر الآن في بلدان أخرى، تشمل جرمانيا والمملكة البريطانية المتحدة، في المملكة المتحدة بعام ٢٠٠٦، سأل استفتاء عملته قناة BBC ألفي شخص أن يصفوا آراءهم في كيفية تكون الحياة وتطورها. بينما قبل ٤٨% الرؤية التطورية، اختار ٣٩% إما الخلقية أو التصميم الذكي، و١٣% لم يعرفوا. واعتقد أكثر من ٤٠% من المستعلَمين أنه يجب تدريس الخلقية أو التصميم الذكي في حصص العلوم بالمدارس. هذا ليس مختلفاً جداً عن إحصائيات أمركا.

وبعض المدارس في المملكة المتحدة تقدم فعلاً التصميم الذكي كبديل للتطور، وهو تكتيك غير قانوني في الولايات المتحدة. مع اكتساب الأصولية المسيحية موطأ قدم في جزء من أوربا، والأصولية الإسلامية المنتشرة في الشرق الأوسط، تتبع الخلقية صحوتهم. وكما كتبت، فإن علماء الأحياء الأتراك يجابِهون بحركة مقاومة ضد خلقيين مدعومين جيداً بالمال ومجعجعين في بلدهم. و_للسخرية القصوى_فقد رسخت الخلقية موطأ قدم حتى في أرخبيل الجالاباجوس (مجموعة جزر تتنوع أشكال الحياة فيها كانت عاملاً رئيسياً في بداية ملاحظة دارون لحقيقة االتطور العلمية). هناك_ في نفس الأرض التي صارت من رموز نظرية التطور، الجزر "الأيقونية" التي ألهمت دارون_ مدرسة لطائفة **Seventh-day Adventist** (مقدسي اليوم السابع (سبتيون) المؤمنين بقرب قدوم المسيح الثاني) توزع كتب بيولوجي خلقية غير مخففة للأطفال من كل العقائد.

عدا صراعها مع الأصولية الدينية، يحيط بنظرية التطور_عند العوام_الكثير من التشوش وعدم الفهم بسبب العوز الجاهل إلى إدراك وزن وتنوع الأدلة لصالحها. بلا شك فإن البعض ببساطة غير مهتمين. لكن المشكلة الأكثر انتشاراً من ذلك، هي عوز المعلومات. فحتى الكثير من زملائي في علم الأحياء غير محيطين علماً بالكثير من مسالك الأدلة على التطور، والكثير من طلابي الجامعيين_الذين درسوا التطور في المدارس العليا كما يُفترَض_يأتون إلى محاضراتي غير عالمين أي شيء تقريباً عن هذه النظرية الأساسية المنظمة لعلم الأحياء. وعلى الرغم من التغطية الواسعة للخلقية، وسليلها المعاصر: التصميم الذكي، لا تقدم الصحف الشعبية أي خلفية تقريباً عن سبب قبول العلماء للتطور. فلا عجب_إذن_أن الكثير من الناس يسقطون فريسة خطابة الخلقيين وعدم فهمهم المتعمد للتطور.

رغم أن دارون كان أول من جمع الأدلة على النظرية، حيث كان البحث العلمي في عصره قد اكتشف سيلاً من الأمثلة الجديدة تظهر التطور في عمله. فنحن نلاحظ أن النوع يتفرع إلى اثنين أو أكثر، ونجد المزيد والمزيد من المتحجرات احتفظت بعلامات التغير في الماضي، كديناصورات أنبتت ريشاً، وأسماك أنمت أطرافاً، وزواحف متحولة إلى ثدييات. في هذا الكتاب سأحبك سوياً كل خيوط الاكتشافات العلمية الحديثة في علوم الجينات، والمتحجرات، والجيولوجي علم طبقات الأرض، والأحياء الجزيئي، والتشريح، والتطور العلمي الذي برهن على "الختم الذي لا يُمحى" للعمليات التطورية التي اقترحها لأول مرة تشارلز دارون. سنبحث في: ما هو التطور، وما ليس هو، وكيف يتحقق المرء من صحة نظرية تغضب الكثير من العوام.

سنرى أنه بينما يتطلب إدراك المعنى الكامل بالتأكيد تغيراً عميقاً في الفكر، فهو لا يقود حتمياً إلى العواقب الرهيبة التي يصفها الخلقيون دوماً عندما يحاولون تنفير الناس من نظرية التطور العلمية. لا يتطلب الاقتناع بالتطور تحولك إلى العدمية النهلستية البائسة، أو تجريد حياتك من الغاية والمعنى. هي لا تجعلك عديم الأخلاق، ولا تقدم لك آراء ستالين أو هتلر. ولا يجب أن تدعم الإلحاد، لأن التدين المستنير لطالما وجد دوماً السبيل للتوافق مع تقدم العلوم. في الحقيقة فإن فهم التطور لابد حتماً أن يعمق ويغني إدراكنا لعالَم الأحياء ومكاننا فيه. فحقيقة أننا_كالأسود والأشجار الحمراء والضفادع_كلنا نتجنا عن التبديل البطيء لجين بآخر، منحت كلُ خطوة أفضليةً مُنتَجَة صغيرة، هي بالتأكيد أكثر إقناعاً من الأسطورة القائلة بأننا جئنا إلى الوجود فجأة من العدم، وكما العادة، صاغها دارون على نحو أفضل:

"عندما أنظر إلى كل الكائنات ليس كعمليات خلق مستقلة، بل كالمتحدرين المباشرين من بعض الكائنات القليلة منذ زمن طويل قبل ترسب أول طبقة من منظومة العصر الكامبري، فإنهم يبدون لي يصيرون مُعَظَّمين."

الفصل الأول

ما هو التطور؟

“الجانب الغريب لنظرية التطور هو أن كل أحد يعتقد أنه يفهمها.”

Jacques Monod

إذا كان أي شيء صحيحاً عن الطبيعة، فهو أن النباتات والحيوانات تبدو مصممة على نحو معقد وكامل تقريباً لعيش حيواتهم. فالحبار والسمك المفلطح يغيرون ألوانهم ويحاكون للانسجام مع محيطاتهم، صائرين غير مرئيين للمفترسين والفرائس. الخفافيش لديها رادار لاستهداف الحشرات ليلاً. الطيور الطنانة والتي نقدر أن تحوم في مكان وتغير موضعها في لحظة أكثر رشاقة من أي طائرة عمودية (هليكوبتر) بشرية، ولديها ألسنة طويلة لترشف الرحيق المتوضع عميقاً في الزهور. والزهور التي تزورها تبدو بدورها مصممة لاستعمال الطيور الطنانة كمساعدين لتكاثرها الجنسي بحبوب اللقاح. إذ بينما تنهمك الطيور الطنانة في رشف الرحيق، تلصق الزهورُ غبارَ الطلع بمناقيرها، ممكِّنة إياها من تلقيح الزهرة التالية التي يزورها الطائر. تشبه الطبيعة آلة مزيتة جيداً، وكل نوع هو سن عجلة أو ترس فيها.

ما الذي يبدو أن كل هذا يتضمنه؟ بالتأكيد، ميكانيكيّ رئيس. هذا الاستنتاج عُبِّر عنه بأكبر شهرة من قِبَل فيلسوف القرن الثامن عشر الإنجليزي وليَم بالي **William Paley**. قال إذا عثرنا على ساعة واقعة على الأرض، سندركها حتماً كعمل صانع ساعات. بطريقة مماثلة، فإن وجود الكائنات المتعضية المتكيفة جيداً وصفاتها المعقدة تتضمن بالتأكيد مُصمِّماً مُدرِكاً، سماوياً، الإله. فلننظر إلى جدلية بالي في كتابه (اللاهوت الطبيعي)، وهي واحدة من أشهر الجدليات في تاريخ الفلسفة:

"عندما نقدم على فحص الساعة، ندرك أن أجزاءها المتعددة قد شُكلت وجُمعت لهدف، على سبيل المثال، فإنها قد شكلت وضُبطت للغاية لإنتاج الحركة، وتلك الحركة مضبوطة للغاية لتعيين الساعة من اليوم، إذ لو

صيغت الأجزاء المختلفة على نحو مختلف عما هم عليه، لو حجماً مختلفاً عما هم عليه، أو وُضعوا تبعاً لطريقة أخرى، أو أي ترتيب آخر غير ما هم عليه، فلا حركة كانت ستتواصل في الآلة على الإطلاق، ولا كانت ستفي بالغرض الذي تؤديه الآن.....كل دلالة على الاختراع، كل مظهر للتصميم، مما يوجد في الساعة، يوجد في أعمال الطبيعة، مع فارق، من جهة الطبيعة، كونها أعظم وأكثر، وذلك بدرجة تفوق كل حسبان."

إن الجدلية التي قدمها بالي بهذا الشكل البليغ للغاية كانت شعوراً مشتركاً وقديمة. عندما وصف هو وزملاؤه من (اللاهوتيين الطبيعيين) النباتات والحيوانات، اعتقدوا أنهم يفهرسون عظمة وإبداع الإله الظاهرة في مخلوقاته المصممة جيداً.

دارون نفسه ناهض سؤال التصميم، قبل أن يقوم بإزالته، في عام ١٨٥٩م:

"فإن ذلك من شأنه أن يساعدنا ولو قليلاً في تفهم كيف تنشأ الأنواع في الطبيعة. وكيف تم اكتمال جميع هذه التكيفات الرائعة لأحد الأجزاء من نظام التعضي مع جزء آخر، ومع ظروف الحياة، وتكيف أحد الكائنات المتعضية مع كائن آخر؟ ونحن نرى هذه التكيفات المتبادلة الرائعة بصورة واضحة جداً في نقار الخشب ونبات الهدال، وبصورة واضحة أقل بقليل فقط في أكثر الطفيليات تواضعاً والتي تتعلق بالشعر الخاص بأحد الحيوانات رباعية الأرجل أو بالريش الخاص بأحد الطيور، وفي بنيان الخنفساء التي تغوص في الماء، وفي البذرة ذات الريش التي تُساق عبر الهواء بواسطة أرق النسمات، وباختصار، فإننا نرى تكيفات رائعة في كل مكان وفي كل جزء من أجزاء العالم العضوي."

كان لدى دارون جوابه الخاص على لغز التصميم. عالم طبيعة حاد الذكاء، تعلم في البدء ليصير كاهناً في جامعة كامبردج(حيث_على نحو ساخر_شغل الحجرات التي كانت لبالي سابقاً)، عرف دارون جيداً القوة المغرية لجدليات كجدلية بالي. أكثر من درس عن النباتات والحيوانات، وأكثر من تعجب من مدى ملاءمة تصميماتهم على نحو جيد مع أساليب حياتهم. ما الذي سيكون أكثر سوية من الاستدلال على أن الملاءمة تُظهر تصميماً مُدرِكاً؟ إلا أن دارون نظر أبعد من الظاهر، مقترحاً_وداعماً بالأدلة الوافرة_فكرتين بددتا إلى الأبد فكرة التصميم المقصود. هاتان الفكرتان هما التطور والانتخاب الطبيعي. لم يكن أول من فكر في التطور، فإن عديدين قبله، بما فيهم جده هو نفسه إرازموس دارون **Erasmus Darwin**، بدؤوا فكرة أن الحياة قد تطورت. لكن دارون كان أول من استعمل المعطيات من الطبيعة لإقناع الناس أن التطور حقيقة، وأن فكرته عن الانتخاب

الطبيعي هي قصة حقيقية. إن ما يشهد لعبقريته أن تصور اللاهوت الطبيعي، المقبول من معظم الغربيين المثقفين قبل عام ١٨٥٩، قد تُغُلِّب عليه خلال سنوات قلائل فقط بكتاب واحد من خمسمئة صفحة. (عن أصل الأنواع) حوَّلَ ألغاز تنوع الحياة من الأسطورة إلى العلم الحقيقي.

إذن فما هو التطور؟[١] هذه النظرية البسيطة والجميلة بعمق، نظرية التطور بالانتخاب الطبيعي، قد أسيء فهمها في أغلب الأحيان، وحتى أحياناً حُرِّفَت بمكر، هذا جدير بالتوقف قليلاً لعرض نقاطها ودعاوها الأساسية. سنعود إلى هؤلاء مراراً كلما درسنا الدليل على كل واحد منهم.

في الأساس، فإن النظرية الحديثة للتطور سهلة الفهم. يمكن تلخيصها في جملة واحدة (وإن كانت طويلة قليلاً): تطورت الحياة على الأرض تدريجياً من نوع بدائي واحد_ربما جزيء ناسخ لنفسه_والذي عاش منذ أكثر من ٣,٥ مليار سنة مضت، ثم تفرع خلال الزمن، منتِجاً أنواعاً متنوعة وجديدة كثيرة، وآلية معظم التغير التطوري_لكن ليس كله_هي الانتخاب الطبيعي.

عندما نتوقف قليلاً امام هذه العبارة، نجد أنها تتألف في الواقع من ستة عناصر: التطور، والتدرجية، والاستنواع (الانقسام إلى أنواع)، والسلف المشترك، والانتخاب الطبيعي، وآليات التغير التطوري غير الانتخابية.

فلنلخص ما يعنيه كل واحد من هذه الأجزاء.

الأول هو فكرة التطور نفسها. هذا يعني ببساطة أن نوعاً يخضع لتغيرات جينية عبر الزمن. مما يعني، انه خلال أجيال كثيرة يمكن لنوع أن يتطور إلى شيء مختلف تماماً. وهذه الاختلافات تقوم على التغيرات في الحمض النووي منزوع الأكسجين DNA، والتي تنشأ كطفرات. إن أنواع الحيوانات والنباتات التي تحيا اليوم لم تكن منتشرة هنا وهناك في الماضي، بل تَحَدَّرَت من تلك التي عاشت في زمن أقدم. فالإنسان_على سبيل المثال_تطور من كائن شبيه بالقرد العلوي، لكن ليس ذات القرود العليا المعاصرة.

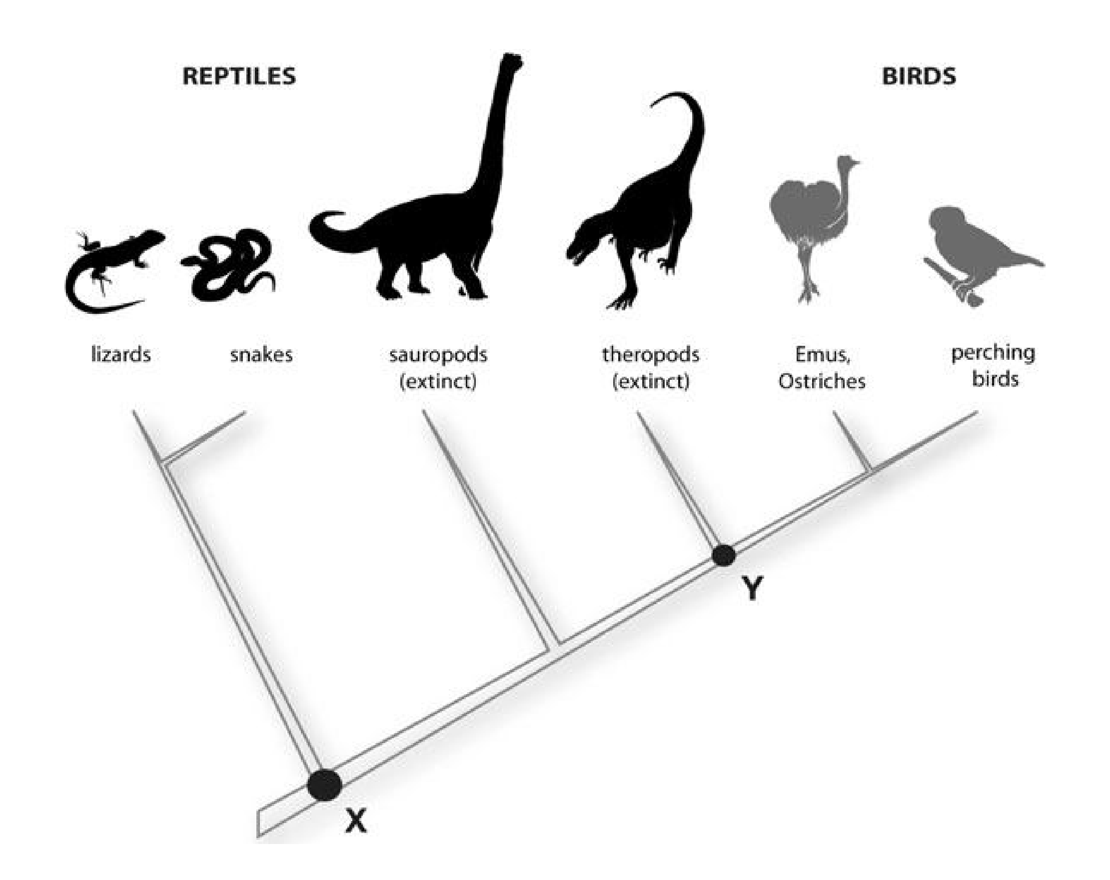
رغم أن كل الأنواع تتطور، فهم لا يفعلون ذلك بنفس المعدل. فالبعض_كسراطين حدوة الحصان وأشجار الجنجكو الصينية_قد تطورت على نحو ضئيل خلال ملايين السنين. لا تتنبأ نظرية التطور بأن النواع ستكون متطورة باستمرار، أو بمدى سرعة تغيرهم حينما يفعلون. فهذا يعتمد على الضغوط التطورية التي يعانونها. مجموعتان كالحيتان والبشر قد تطورتا سريعاً، بينما آخرون_كـ Coelacanth والتي تعتبر أحفورة حية_ يبدون مماثلين تقريباً لأسلافهم الذين عاشوا منذ مئات ملايين السنوات.

الجزء الثاني من نظرية التطور هو فكرة التدرجية. يستغرق الأمر أجيالاً كثيرة لإنتاج تغير تطوري ضخم، كتطور الطيور من الزواحف. تطور صفات جديدة، كالأسنان والفكين المميزين للثدييات عن الزواحف، لا تحدث في جيل واحد أو أجيال قليلة فقط، بل عادة خلال مئات أو آلاف أو حتى ملايين الأجيال. صحيح، أن بعض التغيرات يمكنها الحدوث سريعاً جداً. فأفراد الميكروبات لها أجيال قصيرة جداً، بعضها وجيز لدرجة العشرين دقيقة. هذا يعني أن هذه الأنواع يمكن أن تخضع لقدر من التغير في وقت قصير. اعتباراً للنشوء السريع على نحو محزن لمقاومة العقاقير في البكتريا والڤيروسات مسببة الأمراض. وهناك أمثلة كثيرة للتطور المعروف حدوثه خلال عمر إنسان. لكن عندما نتحدث عن تغير كبير حقيقةً، فنحن عادة نشير إلى تغير يتطلب آلافاً كثيرة من الأعوام. لا تعني التدرجية_بأية حال_أن كل الأنواع تتطور بسرعة متساوية، حيث تتفاوت الأنواع المختلفة في مدى السرعة التي تتطور بها، لذا فإن النوع الواحد يتطور أسرع أو أبطأ حسب تزايد أو تضاؤل الضغوط التطورية.

عندما يكون الانتخاب الطبيعي قوياً، مثلما عندما يستعمر حيوان أو نبات بيئة جديدة، يمكن للتغير التطوري أن يكون سريعاً. حالما يصير نوعٌ متكيفاً جيداً مع موطن مستقر، غالباً ما تخف سرعة التطور.

أما الفكرتان التاليتان فهما الوجه الآخر لنفس العملة. إنها لحقيقة جديرة بالملاحظة أن بينما هناك أنواع حية كثيرة، فإن كلنا: أنت وأنا، والفيل، والقط، والصبار الموضوع في إصيص، نتشارك بعض الصفات الأساسية. من بينها السبل الكيميائية الحيوية التي نستخدمها لإنتاج الطاقة، وحروفنا الأربعة الأساسية للحمض النووي DNA، وكيفية قراءتها وترجمتها إلى بروتينات. هذا يخبرنا أن كل الأنواع تعود إلى سلف مشترك واحد، سلف كان لديه هذه الصفات المشتركة ومررها إلى المتحدرين منه. لكن لو كان التطور يفيد تغيراً جينياً تدرجياً خلال نوعٍ فقط، لكان لدينا نوع واحد فقط اليوم، نوع وحيد متطور على نحو عالٍ متحدر من النوع الأول. لكننا لدينا الكثير: أكثر من عشرة ملايين نوع يسكن كوكبنا اليوم، ونعرف أكثر من ربع مليون منهم كمتحجرات. الحياة متنوعة. كيف نشأ هذا التنوع من نموذج سلفي واحد. هذا يتطلب الفكرة الثالثة للتطور: عن الانقسام، أو على نحو أكثر دقة: الاستنواع.

انظر إلى الشكل التوضيحي رقم١، الذي يرينا مثالاً لشجرة تطورية والتي توضح العلاقات بين الزواحف والطيور. لقد رأيناها كلنا من قبل، لكن فلنتفحصها ملياً أكثر بقليل لنفهم ما تعنيه حقيقةً.



ما الذي حدث بالضبط عندما انقسم الملتقى X_مثلاً_إلى خط التحدر المؤدي إلى الزواحف المعاصرة كالسحالي والثعابين على جانب، وإلى خط التحدر الآخر المؤدي إلى الطيور المعاصرة وأقاربهم الديناصوريين على الجانب الآخر؟ يمثل الملتقى X نوعاً سلفياً واحداً، زاحفاً قديماً، انقسم إلى نوعين متحدرين. أحد خطي مضى في طريقه النشيط الخاص، وآخر الأمر انقسم عدة مرات وأدى إلى نشأة كل الديناصورات والطيور المعاصرة. أما خط التحدر الآخر ففعل نفس الأمر، لكنه أنتج معظم الزواحف المعاصرة. غالباً ما يدعى السلف المشترك X س بـ (الحلقة المفقودة) بين المجموعتين المتحدرتين. إنه الرابط النَسَبي بين الطيور والزواحف المعاصرة، نقطة التقاطع التي ستصل إليها في النهاية لو تتبعت خطوط تحدرهم رجوعاً. هناك (حلقة مفقودة) أكثر حداثة هنا أيضاً، الملتقى Y، وهو النوع الذي كان السلف المشترك للديناصورات السائرة على رجلين آكلة اللحوم مثل Tyrannosaurus rex (كلهم منقرض اليوم) والطيور الحديثة. لكن رغم أن الأسلاف المشتركين ليسوا أحياء بيننا بعد، ومن المستحيل تقريباً توثيق متحجراتهم (ومع ذلك، يُمَثَّلون بنوع واحد فقط من آلاف في السجل الأحفوري، ويمكننا أحياناً اكتشاف متحجرات وثيقة الصلة بهم، أنواع ذوات صفات ترينا السلفية المشتركة. في الفصل القادم_على سبيل المثال_سنتعلم عن (الديناصورات المجنحة) التي تدعم وجود الملتقى X.

ما الذي حدث عندما انفصل السلف X إلى نوعين منفصلين؟ حقيقةً، لا شيء أكثر. فكما سنرى لاحقاً، الاستنواع ببساطة هو تطور مجموعات مختلفة لا يمكنها التهجن، أي مجموعات لا يمكنها تبادل الجينات. ما كنا سنراه لو عشنا بالجوار لما بدأ هذا السلف المشترك بالانقسام هو ببساطة مجموعتي سكان لنوع زاحفي واحد، ربما تعيشان في أماكن مختلفة، تبدآن في تطوير اختلافات ضئيلة أحدهما عن الآخر. خلال زمن طويل، تزداد هذه الاختلافات تدريجياً. آخر الأمر تطور مجموعتا السكان اختلافاً جينياً كافياً لكي لا يستطيع أفراد المجموعتين المختلفتين التهجن. (هناك سبل كثيرة يمكن أن يحدث بها هذا: فقد لا يجد أفراد أنواع الحيوانات بعضهم الآخر جذابين جنسياً، أو لو قاموا بالتزاوج تكون الذرية عقيمة. يمكن لأنواع النباتات المختلفة استخدام ملقحين مختلفين أو زهور في مواسم مختلفة، مانعة بذلك التلقيح التهجيني.)

بعد ملايين السنوات لاحقاً، وبعد أحداث انفصالية أكثر، أحد الأنواع المتحدرة الديناصوريةً، الملتقى Y، ذاته انقسم إلى نوعين آخرين، أحدهما أنتج كل الديناصورات السائرة على رجلين اللاحمة، والآخر أنتج كل الطيور الحية. هذه المرحلة الحاسمة في التاريخ التطوري: ميلاد سلف كل الطيور، لم تبدُ فجائية هكذا خلال الزمن. نحن لن نرى الظهور المفاجئ لكائنات طائرة من الزواحف، بل مجموعتي سكان مختلفتين قليلاً فحسب من نفس الديناصور، ربما اختلافاً ليس أكثر من أفراد المجموعات السكانية البشرية المتنوعة اليوم. كل التغيرات الهامة حدثت بعد آلاف الأجيال من الانقسام، عندما عمل الانتخاب في خط تحدرٍ واحدٍ منهما على ترقية الطيران، وفي آخر صفات الديناصورات منتصبة القامة. إنه فقط بإعادة النظر إلى الخَلْف يمكننا التعرف على النوع Y على أنه السلف المشترك للديناصورات منتصبة القامة والطيور. هذه الأحداث التطورية كانت بطيئة، وتبدو خطيرة فقط عندما تُنظم في تسلسل كل متحدري هذين التيارين التطوريين المتباعدين.

لكن النوع لا يحتاج دوماً إلى الانقسام، فبعض الأنواع_كما سنرى في الفصل السابع_تقوم على الظروف السامحة بتطوير اختلافات كافية لتصير غير قادرة على التهجن من بعد. وإن الأغلبية العظمى من الأنواع_أكثر من ٩٩% منهم_تنقرض دون ترك أي متحدرين. وآخرين_كأشجار الجنجكو الصينية_تحيا ملايين السنين دون إنتاج أنواع كثيرة جديدة. فالاستنواع لا يحدث أغلب الأحيان. لكن في كل وقت ينفصل فيه نوع إلى نوعين، فهذا يضاعف فرص الاستنواع المستقبلي، بحيث يمكن لعدد الأنواع أن يزداد أسياً. ورغم أن الاستنواع بطيء، فهو يحدث غالباً على نحو كافٍ، خلال تلك العهود المتطاولة من التاريخ، هذا يمكنه أن يفسر بسهولة التنوع المذهل للنباتات والحيوانات الحية على الأرض.

كان الاستنواع هاماً جداً لداروين بحيث جعله عنوان أشهر كتبه. وقدم ذلك الكتاب بعض الأدلة على الانقسام. إن الرسم التوضيحي الوحيد في كل كتاب (عن أصل الأنواع) هو شجرة تطورية تشابه الشكل رقم ١ في كتابنا. لكن من الواضح أن داروين لم يشرح في الحقيقة كيف ينشأ النوع الجديد، إذ_مفتقداً أية معرفة بالجينات_لم يفهم في الحقيقة قط أن شرح الاستنواع يعني شرح حواجز التبادل الجيني (التهجن). بدأ الفهم الحقيقي لكيفية حدوث الاستنواع في ثلاثينيات القرن العشرين. سيكون لدي المزيد لقوله عن هذه العملية، التي هي مجال دراستي الشخصي أساساً، في الفصل السابع.

إنه لمن الواضح للذهن أنه إن كان تاريخ الحياة يشكل شجرة، تنشأ كل الأنواع فيها من جذع واحد، فإن المرء من ثم يمكنه إيجاد أصل مشترك لكل زوج من الأغصان (الأنواع الحية) بتتبع كل غصن عودة خلال فروعه حتى يتقاطعوا عند الفرع المشترك بينهم. هذا الملتقى_كما قد رأينا_هو سلفهم المشترك. وإذا كانت الحياة بدأت بنوع واحد وانقسم إلى ملايين الأنواع المتحدرة من خلال عملية تفرع، ينجم عن ذلك أن كل زوج من الأنواع يتشاركان سلفاً مشتركاً في وقت ما من الماضي. الأنواع القريبة بشدة من بعضها، مثلها مثل البشر الأقارب، لهم سلف مشترك عاش في زمن أقرب على نحو واضح، بينما السلف المشترك لأنواع بعيدة الصلة ببعضها، مثلها مثل البشر بعيدي الصلة ببعضهم، عاش في زمن أقدم من الماضي. هكذا، فإن فكرة السلف المشترك، المبدأ الرابع للتطور، هي وجه آخر لمفهوم الاستنواع. هذا يعني ببساطة أننا يمكننا دائماً النظر رجوعاً في الزمن، مستخدمين سواء تسلسلات الحمض النووي أو المتحجرات، ونجد خطوط التحدر تلتحم عند أسلافهم المشتركين.

فلنتفحص إحدى الشجرات التطورية، وهي الخاصة بالفقاريات (الشكل التوضيحي٢). في هذه الشجرة وضعت بعض الصفات التي يستخدمها علماء الأحياء لاستنتاج العلاقات التطورية.

الشكل التوضيحي٢: تأريخ تحدري (شجرة تطورية) للفقاريات، تظهر كيف يُنتج التطور مجموعة تسلسلية من الصفات، وبالتالي أنواع تحتوي هذه الصفات. تشير النقاط إلى نشوء كل صفة في الشجرة. الصفات على الترتيب هي العمود الفقري والفكان والأصابع والبيض السلوي والشعر والمشيمة والأصابع المتقابلة. أما الأنواع فهي قنديل البحر وسمك الجلكي وسمكة الحمار الوحشي والسمندل والثعابين والسحالي والتماسيح والطيور والكنجارو والفئران والشمبانزي والبشر.

بداية فإن الأسماك والبرمائيات والزواحف والطيور والثدييات كلهم لديهم عمود ظهري فقري، هم (فقاريات) لذا فلابد أنهم تحدروا من سلف مشترك قد كان لديه أيضاً عمود ظهري فقري. لكن من بين الفقاريات تتحد الزواحف والثدييات (وتمتاز عن الأسماك والبرمائيات) بأن لديها (بيض سَلَوِي) أي أن الجنين محاط بغشاء ممتلئ بالسائل يُدعى السلا. لذا فلابد أن الزواحف والثدييات كان لديها سلف مشترك أكثر حداثة. سلف مشترك امتلك هو نفسه بيضة كهذه. لكن هذه المجموعة أيضاً تحتوي مجموعتين أدنيين: أحدهما نوع لديه كله شعر وحار الدماء وينتج اللبن (أي الثدييات)، والآخر محرشف بارد الدماء وينتج بيضاً مانعاً للماء (أي الزواحف). ككل الأنواع، هذا يشكل تسلسلاً متداخلاً، تسلسلاً فيه يُعاد تقسيم مجموعة كبيرة من الأنواع يتشارك أفرادها القليل من الصفات إلى مجموعات أصغر من الأنواع المتشاركة صفات أكثر، وهكذا نزولاً إلى أنواع، كالدب الأسود والدب البني الأمركي، الذين يتشاركان تقريباً كل صفاتهم.

في الحقيقة، فإن الترتيب تداخلي الصفات لأشكال الحياة قد أُدرِك منذ زمن طويل قبل داروين. ابتدأ ذلك مع عالم النباتات السويدي Carl Linnaeus عام ١٦٣٥، ثم شرع العلماء في تصنيف الحيوانات والنباتات، مكتشفين أنهم باتساق يلتزمون بما سُمِيَ تصنيفاً (طبيعياً). على نحو أخاذ، فإن علماء الأحياء المختلفين أتوا بتصنيفات متطابقة تقريباً. هذا يعني أن هذه التصنيفات ليست اصطناعية ذاتية من عمل إنسان يحتاج إلى التصنيف، بل هي تخبرنا شيئاً حقيقياً وأساسياً عن الطبيعة. لكن لا أحد عرف ما هو هذا الشيء حتى جاء داروين فيما بعد، وأظهر أن ذلك الترتيب تداخلي الصفات لأشكال الحياة هو بالضبط ما يتنبأ به التطور. فالكائنات المتشاركة أسلافاً مشتركة قريبة العهد تتشارك الكثير من الصفات، بينما الذين أسلافهم المشتركون أبعد زمناً يكونون أكثر اختلافاً. إن التصنيف (الطبيعي) هو نفسه دليل قوي على التطور.

لماذا؟ لأننا لا نرى مثل هذا الترتيب التداخلي لو حاولنا ترتيب أشياء لم تنشأ بعملية تطورية للانقسام والتحدر. خذ صناديق أعواد ثقاب كرتونية، مما اعتدت على جمعها. هم لا ينتظمون في تصنيف طبيعي على نفس طريقة الأنواع الحية. يمكنك_كمثال_أن تصنف صناديق الثقاب تسلسلياً مبتدئاً بالحجم، ثم البلد المَصدر مع الحجم، اللون مع البلد، وهكذا. أو يمكنك أن تبدأ مع الأصناف المعلن عنها مصنفاً إياها من ثم باللون ثم التاريخ. هناك طرق عديدة لترتيبها، وكل امرئ سيعمل ذلك على نحو مختلف. لا يوجد نظام تصنيف يتفق عليه كل هواة التجميع. هذا لأن بدلاً من التطور، بحيث يعطي كل صندوق ثقاب النشوء لآخر مختلف عنه قليلاً، فإن كل تصميم قد صُنِع من خربشة هوى إنسان.

تتشابه صناديق الثقاب مع أنواع المخلوقات المتوقعة تحت الشرح الخلقي الكتابي لنشوء الحياة. ففي حالة كتلك، لما كان للكائنات سلفية مشتركة، بل كانوا سيكونون ببساطة نتيجة خلق لحظي لأشكال مصمَّمَة لتتلاءم مع بيئاتها. وفقاً لهذه الحبكة (السيناريو) لما كنا لنتوقع أن نرى الأنواع تنتظم في تسلسل تداخلي من الأشكال مُدرَك من قِبَل كل علماء الأحياء. [٢]

حتى منذ حوالي ثلاثين عاماً مضت، استعمل علماء الأحياء صفات مرئية، مثل التركيب التشريحي ونمط التكاثر لبناء السلسلة السلفية للأنواع الحية. هذا قام على الافتراض الصائب أن الكائنات ذوات الصفات المتشابهة لها أيضاً جينات متشابهة، وبذا فهي أوثق صلة. لكننا الآن صار لدينا طريقة جديدة قوية ومستقلة لإنشاء السلسلة السلفية: يمكننا النظر مباشرة إلى الجينات نفسها. عن طريق تسلسلات الحمض النووي لأنواع متعددة وقياس درجة تشابه هذه التسلسلات، يمكننا أن ننظم علاقاتها التطورية. هذا قد تم بتنفيذ الفرضية

الصائبة تماماً بأن الأنواع التي لها تشابه حمض أميني أكثر تكون أوثق صلة ببعضها، بما يعني أن أسلافهم المشتركين عاشوا في زمن أكثر قرباً. هذه الطرق الجزيئية لم تحدث كبير تغير في أشجار الحياة المعمولة في حقبة ما قبل اكتشاف الحمض النووي، كل من الصفات المرئية للكائنات الحية وتسلسلات أحماضهم النووية تعطي عادة نفس المعلومات عن العلاقات التطورية.

تؤدي فكرة السلف المشترك على نحو طبيعي إلى تنبؤات قوية وقابلة للاختبار عن التطور. فإن كنا نرى أن الزواحف والطيور مجموعة سوياً بناءً على صفاتهم وتسلسلات أحماضهم النووية، فيمكننا التنبؤ أننا يجب أن نجد أسلافاً مشتركين لبعض الزواحف والطيور في السجل الأحفوري. مثل هذه التنبؤات قد تحققت، معطية بعض أقوى الأدلة على التطور. سنرى بعض هؤلاء الأسلاف في الفصل القادم.

الجزء الخامس من النظرية التطورية هو ما رآه داروين بوضوح كأعظم إعجازه العلمي: فكرة الانتخاب الطبيعي. هذه الفكرة في الحقيقة لم ينفرد بها داروين، فإن معاصره عالم التاريخ الطبيعي ألفرد راسل والِس **Alfred Russel Wallace** توصل إليها في نفس الوقت تقريباً، مؤديين إلى واحد من أعظم الاكتشافات التاريخية المتزامنة في تاريخ العلم. إلا أن داروين كان له نصيب الأسد لأنه في كتاب (عن أصل الأنواع) طور فكرة الانتخاب الطبيعي بتفصيل عظيم، معطياً الأدلة عليه، ومستكشفاً نتائجه الكثيرة.

لكن الانتخاب الطبيعي كذلك كان الجزء من النظرية التطورية الذي اعتُبِر الأكثرَ ثوريةً في عصر داروين، ولا زال مزعجاً للكثيرين. الانتخاب الطبيعي فكرة علمية ثورية ومقلقة على السواء لنفس السبب: أنها تفسر التصميم الظاهر في الطبيعة بعملية مادية صرفة لا تتطلب خلقاً أو توجيهاً من قوى فوق طبيعية.

فكرة الانتخاب ليست عسيرة على الفهم. إذا تباين الأفراد في نوع جينياً أحدهم عن الآخر، وكان بعض هذه الاختلافات يؤثر على قدرة الفرد على البقاء والتكاثر في بيئته، من ثم فإنه في الجيل التالي سيكون للجينات المؤدية إلى بقاء وتكاثر أعلى نسخ أكثر مقارنة بالجينات التي ليست جيدة هكذا. وبمرور الزمن، ستصير المجموعة تدريجياً متلاءمة مع بيئاتها أكثر فأكثر بسبب نشوء طفرات وراثية مفيدة وانتشارها في المجموعة، بينما الطفرات الضارة تُستأصَل. وآخراً، تنتج هذه العملية كائنات متكيفة جيداً مع مواطنها وأساليب حياتها.

هاكَ مثالاً بسيطاً: استوطن الماموث المكسو بالفرو الأجزاء الشمالية من أوراسيا وشمال أمركا، وكان متكيفاً للبرودة بإنتاج غطاء سميك من الشعر (عُثِر على عينات متجمدة كاملة منه مدفونة في التندرة، **Tundra** منطقة خالية من الأشجار تقع بين المنطقة المتجمدة وخط الأشجار في المنطقة المتجمدة الشمالية وأرضها دائمة التجمد)[٣]. ربما انحدر من أجداد للماموث كان لديها شعر قليل، كالفيلة المعاصرة. أدت الطفرات الوراثية في النوع السلفي إلى أن يكون بعض أفرد الماموث_كبعض البشر المعاصرين_أشعر من الآخرين. عندما صار المناخ بارداً، وعندما انتشر النوع في مناطق أكثر شماليةً، كان الأفراد القاسو الشعر أفضل قدرة على احتمال بيئاتهم القارصة البرودة وتركوا ذرية أكثر من نظرائهم الأكثر جرودة. هذا أغنى المجموعة بجينات كثرة الشعر. في الجيل التالي، سيكون الماموث المتوسط أشعر قليلاً من السابق. فلتستمر هذه العملية خلال بضعة آلاف الأجيال، ويُستبدَل الماموث الأجرد بآخر أشعث. ولتؤثرْ العديد من الصفات المختلفة على مقاومته للبرد (على سبيل المثال: حجم الجسد، كمية الشحم، وهكذا)، وهذه الصفات تتغير بتزامن.

العملية بسيطة على نحو ملاحظ. فهي تتطلب فقط أن يتباين أفراد النوع جينياً في قدرتهم على البقاء أحياء والتكاثر في بيئتهم. مسلِّمين بهذا، فإن الانتخاب الطبيعي والتطور حتميان. كما سنرى، فإن هذا المُتَطَلَّب نجده في كل نوعٍ قد فُحِصَ. وبما أن الكثير من الصفات يمكن أن تؤثر في تكيف الفرد مع بيئته (ملاءمته)، فإن الانتخاب الطبيعي يمكنه_عبر الدهور_نحت حيوان أو نبات إلى شيءٍ يبدو مُصَمَّماً.

إنه من الهام إدراك_مع ذلك_أن هناك اختلافاً حقيقياً فيما نتوقع أن نراه لو كانت الكائنات قد صُمِّمَتْ بإدراك، على العكس مما لو كانوا تطوروا بالانتخاب الطبيعي. فالانتخاب الطبيعي ليس مهندساً أعظم، بل سمكري. فهو لا يُنتِج الكمالَ المطلق الذي يمكن تحقيقه من قِبَلِ مُصَمِّمٍ يبدأ بالرسم أولاً، بل هو أفضل ما يمكن عمله فحسب مع ما لديه ليعمل عليه فعلياً. لا يمكن أن تحدث طفرات وراثية لتصميم كامل لأن الطفرات ببساطة نادرة جداً. وحيد القرن الإفريقي، بقرنيه المتعاقبين، ربما يكون أفضل تكيفاً لحماية نفسه والنزاع مع رفقائه من وحيد القرن الهندي، الذي له قرن واحد (حقيقةً، هي ليست قروناً حقيقية، بل شعر مدموج)، لكن ربما ببساطة لم تنشأ بين وحيدي القرون الهنديين طفرة تنتج قرنين. يظل مع ذلك قرن واحد أفضل من انعدام القرون. وحيد القرن الهندي أفضل من سلفه غير الأقرن، إلا أن أحداث التاريخ الجيني قد تؤدي إلى ما هو أقل من "التصميم" الكامل، و_بالتأكيد_كل شاهد من نبات أو حيوان تُطُفِلَ عليه أو مرض يمثل إخفاقاً في التكيف. وبطريقة مماثلة لكل أسباب الانقراض، والذين يمثلون بأكثر من ٩٩% من الأنواع التي عاشت من قبل. (هذا_بذكر الشيء بالشيء_يطرح مشكلة شنيعة لنظريات التصميم الذكي اللاهوتية. فإنه لا يبدو ذكياً

جداً تصميم ملايين الأنواع مقدر لها أن تنقرض، ثم استبدالهم بآخرين، أنواع مماثلة، معظمهم أيضاً سينقرض. مؤيدو التصميم الذكي لم يجتهدوا قط للتفكير في تلك المعضلة).

يجب أن يعمل الانتخاب الطبيعي على تصميم الكائن ككل، مما يعني حلاً وسطاً (تسوية) بين التكيفات. إن إناث السلاحف البحرية تحفر أعشاش بيضها على الشاطئ بزعنفتيها. وهي عملية شاقة بطيئة وخرقاء تعرِّض بيضها للمفترسين. كان امتلاك زعانف شبيهة بالمجارف سيساعدها على الأداء على نحو أفضل والعمل أسرع، لكن حينئذٍ لما استطاعوا السباحة بنفس الجودة. مصمِّم حي الضمير كان ليعطي السلاحف البحرية زوجاً إضافياً من الأطراف، ذا لاحقتين شبيهتين بالمجارف قابلة للانسحاب، لكن السلاحف البحرية_ككل الزواحف_ملتصقة بنموذج تنموي يحدد أطرافهم بأربعة.

الكائنات ليست فقط تحت رحمة حظ انجراف الطفرة (انتشار الطفرة المفيدة في سائر مجموعة النوع)، بل هم أيضاً مقيدون بتاريخهم النشوئي والتطوري. الطفرات الوراثية هي تغيرات في الصفات الموجودة فعلياً. الطفرات لا تخلق أبداً تقريباً صفات جديدة تماماً كالعلامة التجارية. هذا يعني أن التطور يجب أن يبني أنواعاً جديدة انطلاقاً من تصميم أسلافها. التطور هو كمعماري لا يمكنه تصميم بناية بالرسم، بل يجب أن يبني كل مُنشَأ جديد بالتكيف مع بناء أسبق وجوداً، مُبقياً المنشأ صالحاً للسكن طوال الوقت. هذا يؤدي إلى بعض الحلول الوسطى. فنحن البشر _كمثال_ سنكون أفضل حالاً لو تكونت خصانا مباشرة خارج الجسد، حيث درجة الحرارة الأخفض أفضل للحيوانات المنوية. (٤) رغم ذلك، فإن الخصيتين تبدآن نشوءهما في البطن. عندما يكون عمر الجنين المتعضي ستة أو سبعة شهور، تهاجران نازليتين إلى كيس الصفن من خلال قناتين تُدعيان القناتين الأُرْبِيتين أو المغبنيتين، مبعداً إياهما عن حرارة باقي الجسد المدمرة. تترك هاتان القناتان نقاطاً ضعيفة في بنيان الجسد مما يجعل الرجال عرضة لحالات الفتق الأربي. حالات الفتق تلك سيئة: إذ يمكن أن تسد المعى، وفي بعض الأحيان تسبب الوفاة في سنوات ما قبل الجراحة. لا مصم ذكي كان ليعطينا هذه الرحلة المتعرجة للخصيتين، إننا ملتصقون بها لأننا ورثنا برنامجنا النشوئي من أسلاف شبيهة بالسمك، الذين تتطورت غددهم التناسلية، وظلت على نحو كامل في البطن. نحن بدأنا النشوء ذوي خصى باطنية لشبه سمك، ثم تطور متحدرونا لاحقاً إلى الخصى الخارجية، كإضافة خرقاء.

لذا فإن الانتخاب الطبيعي لا ينتج الكمال، بل فقط تطويرات على ما وُجِدَ من قبل. إنه يُنتِج الأكثر ملاءمةً مما قبل، لا الأكثر ملاءمة على الإطلاق. ورغم أن الانتخاب الطبيعي يعطي مظهر التصميم، فهذا التصميم

أغلبَ الأحيان غير متسم بالكمال. بشكل آخر، إنه بهذه العيوب سنجد دليلاً على التطور، كما سنرى في الفصل الثالث.

هذا يأتي بنا إلى آخر نقاط النظرية التطورية الستة: العمليات الأخرى غير الانتخاب الطبيعي التي تلعب دوراً في التغير التطوري. أهمها هو تغير عشوائي بسيط في نسب الجينات السبب فيه هو حقيقة كون الأسر المختلفة لها أعداد مختلفة من النسل. هذا يؤدي إلى تغير عشوائي لا يمكنه عمل شيء بصدد التكيف، لكونه عشوائياً. تأثير هذه العملية على التغير التطوري الهام_مع ذلك_على الأرجح ثانوي، لأنها ليس لديها قوة الانتخاب الطبيعي المُقولبة. يظل الانتخاب الطبيعي هو العملية الوحيدة التي يمكنها إنتاج التكيف. ومع ذلك_كما سنرى في الفصل الخامس_ فإن الانجراف الجيني ربما لعب بعض الدور التطوري في المجموعات الصغيرة وربما أسباباً لبعض الصفات غير التكيفية للحمض النووي.

هذه_إذن_هي النقاط الست للنظرية التطورية.(٥) بعض النقاط مترابطة على نحو أساسي. فلو كان الاستنواع صحيحاً_كمثال_فإن السلفية المشتركة لابد أن تكون صحيحة أيضاً. لكن بعض النقاط مستقلة عن بعضها. فقد يحدث التطور_كمثال_دون أن يحتاج إلى التدرج دوماً. اعتقد بعض (الطفريين) في أوائل القرن العشرين أنه يمكن لنوع فوراً إنتاج نوع آخر مختلف جذرياً بواسطة طفرة واحدة ضخمة. عالم الحيوان الشهير **Richard Goldschmidt** _على سبيل المثال_جادل ذات مرة بأن أول كائن قابل للتعريف كطائر ربما فقس من بيضة زاحف لا لبسَ فيه. مثل هذه الادعاآت يمكن اختبارها (تفنيدها). تتنبأ النظرية الطفرية بأن الأنواع الجديدة يجب أن تنشأ فورياً من أخرى أقدم، بلا حلقات انتقالية في السجل الأحفوري. لكن المتحجرات تخبرنا أن هذه ليست الطريقة التي يعمل بها التطور. ومع ذلك، تُظهر مثل هذه الاختبارات أن الأجزاء المختلفة من نظرية التطور يمكن اختبار كل منها على نحو مستقل.

بالأحرى، إن يكن التطور قد يكون صحيحاً ، فإن الانتخاب الطبيعي ليس كنفس الحالة. كثير من علماء الأحياء_كمثال_اعتقدوا أن التطور يحدث من قِبَل قوة غامضة أو غائية: قيل أن الكائنات لديها "قيادة داخلية" تجعل الأنواع تتغير في اتجاهات معينة مأمور بها. وقيل أن هذا النوع من القيادة دفع تطور الأسنان النابية الضخمة للنمر سيفي الأنياب، جاعلاً الأنياب تصير أكبر فأكبر، بغض النظر عن فائدتها، حتى لم يعد الحيوان يستطيع إغلاق فمه ومات نوعه جوعاً فانقرض. إلا اننا نعلم اليوم أنه لا دليل على هذه القوى الغائية. لم تمت النمور سيفية الأنياب في الحقيقة جوعاً، بل عاشت هانئة بأنيابها الكبيرة لملايين السنين، قبل أن تنقرض لأسباب

أخرى. إلا أن حقيقة أن التطور قد يكون له أسباب مختلفة هو أحد أسباب قبول علماء الأحياء التطور لعقود عديدة قبل قبول الانتخاب الطبيعي. لكن هنا عبارة لازمة هامة ومسموعة بشكل عاميَ: "التطور مجرد نظرية، أليس كذلك؟"

متحدثاً إلى مجموعة إنجيلية في تكساس عام ١٩٨٠، وصف المرشح الرئاسي رونالد ريجان التطور هكذا: *"حسناً، إنها نظرية، إنها نظرية علمية فقط، وقد عورِضت في السنوات المعاصرة في عالم العلم ولم يُعتقَد بها حتى الآن في المجتمع العلمي كصحيحة كما اعتُقِد بها قديماً."*

الكلمة الأساسية في هذا الاقتباس هي "فقط". نظرية فقط. التضمين أن هناك شيئاً ما ليس صحيحاً تماماً بصدد كلمة نظرية، أنه مجرد تخمين، وخاطئ جداً على الأرجح. في الحقيقة، فإن المفهوم اليومي العامي لكلمة (نظرية) هو (تخمين) أو افتراض، كما في جملة: (نظريتي أن Fred متيم بـSue)، لكن في العلم تعني كلمة (نظرية) شيئاً مختلفاً تماماً، موصلاً ثقةً أبعد من ذلك ودقة صارمة، أكثر من نزوة تخمين بسيط.

وفقاً لقاموس أُكسفورد للإنجليزية Oxford English Dictionary، النظرية العلمية هي: "جملة لما يعتبر قوانين عامة، أو مبادئ، او أسباب لشيء معروف أو مُلاحَظ." هكذا يمكننا الحديث عن (نظرية الجاذبية) كفرضية أن كل الأشياء ذوات الكتلة تجذب بعضها البعض وفقاً لعلاقة دقيقة تتضمن المسافة بينهم. أو نتحدث عن (نظرية النسبية) التي تضع مزاعم محددة عن سرعة الضوء وتقوس الفضاء والزمن.

هناك نقطتان أريد أن أشدِّد عليهما هنا. أولاً، في العلم، نظرية تعني أكثر من مجرد تخمين لما هي الأشياء عليه: إنها مجموعة مدروسة جيداً من الافتراضات تهدف إلى شرح الحقائق عن العالم الحقيقي. (النظرية الذرية) ليست فقط جملة أن (الذرات موجودة): فهي جملة عن كيفية تفاعل الذرات مع بعضها البعض، مكونةً مركبات، ومتصرفة كيميائياً). بالمثل، فإن نظرية التطور أكثر من مجرد جملة: (التطور قد حدث): إنها مجموعة من المبادئ المدعومة على نحو شامل بالتوثيقات، لقد شرحت الستة مبادئ الرئيسية، التي تشرح كيف ولما يحدث التطور.

هذا يأتي بنا إلى النقطة الثانية. لكي تُعتبر نظريةٌ علميةً، فلابد أن تكون قابلة للاختبار وتقوم بتنبؤات يمكن إثباتها. بما يعني، يجب أن نكون قادرين على عمل ملاحظات على العالم الحقيقي والتي إما تثبتها أو تدحضها. فقد كانت النظرية الذرية في البداية تأملية (على يد فلاسفة اليونان)، لكنها اكتسبت مصداقية أكثر فأكثر

بسبب تراكم المعطيات من علم الكيمياء، داعمة وجود الذرات. ربما أننا لم نكن نستطيع رؤية الذرات حتى اختُرِع استعمال المجهر ذي المجس الماسح في عام ١٩٨١(وتحت المجهر تبدو فعلاً كشكل الكرات الصغيرة التي نتخيل)، كان العلماء مقتنعين تماماً منذ وقت طويل قبل أن تصير الذرات حقيقة. على نحو مماثل، فإن نظرية جيدة تقوم بتنبؤات عما سنجده لو نظرنا ملياً أكثر للطبيعة. فإن بدت هذه التوقعات للعيان، فهي تعطينا ثقة أكثر بصحة النظرية. اقتُرِحت نظرية أينشتاين العامة للنسبية في عام ١٩١٥، وتنبأت بأن الضوء ينحني حين يمر بجوار جسم سماوي كبير. (لنكون تقنيين، جاذبية جسم كهذا تحرف الفضاء–الزمن، مما يحرف سبيل الفوتونات المجاورة). على نحو مؤكد كفاية، أثبت **Arthur Eddington** هذا التنبؤ في عام ١٩١٩، برؤيته_خلال كسوف شمسي_أن الضياء القادة من النجوم البعيدة كانت تنحرف حين تمر بجوار الشمس، مغيرة المواضع المرئية للنجوم. فقط عندما أُثبِتَ هذا التنبؤ بدأت نظرية أينشتاين تُقبَل على نحو واسع.

لأن (نظرية) تُقبَل ك (حقيقة) فقط عندما تُختبَر توكيداتها وتنبؤاتها مراراً وتكراراً، وتؤكَد على نحو متكرر، ليس هناك لحظة واحدة تتحول فيها نظرية علمية فجأة إلى حقيقة علمية. تصير نظريةٌ حقيقةً (أو صحيحة) عندما تتراكم أدلة كثيرة لصالحها، ولا يكون هناك دليل حاسم ضدها. إلى حد أن يقبلها كل الناس العقلانيين فعلياً. هذا لا يعني أن نظرية (حقيقية) لن تُدحَض أبداً. فكل الحقائق العلمية هي مؤقتة، خاضعة للتعديل في ضوء الأدلة الجديدة. ليس هناك جرس إنذار يصدر ضجيجاً ليخبر العلماء أنهم أخيراً قد توصلوا إلى الحقائق النهائية غير القابلة للتغيير عن الطبيعة. وكما سنرى، فإنه من الممكن رغم آلاف الملاحظات التي تدعم التطور، قد يُظهِر معطى جديد أن التطور خطأ. أعتقد أن هذا غير محتمل، لكن العلماء_على عكس المتعصبين_لا يقدرون أن يتحملوا أن يصيروا متكبرين بصدد ما يقبلونه كحقيقة.

في عملية الصيرورة إلى حقائق_أو وقائع_تُختَبَر النظريات العلمية عادة ضد النظريات البديلة. فمع ذلك، هناك عادة تفاسير عديدة لظاهرة مُسَلَّم بها. يحاول العلماء عمل ملاحظات أساسية، أو يقومون بتجارب حاسمة، تختبِر تفسيراً منافساً ضد الآخر. لسنوات كثيرة، اعتُقِد أن مواضع أجزاء الأرض هي نفسها خلال تاريخ الحياة. لكن في عام ١٩١٢، جاء عالم طبقات الأرض (الجيولوجي) الجرماني **Alfred Wegener** بنظرية (الانجراف القاري) المنافسة مقترحةً أن القارات قد تحركت. مبدئياً، أُلهِمَتْ نظريته بملاحظة أن أشكال القارات كأمركا الجنوبية وإفريقيا يمكن أن تُلاءَم مع بعضها كقطع أحزورة ترتيب أجزاء الصورة. ثم صارت نظرية الانجراف القاري أكثر يقيناً عندما تراكمت المتحجرات المكتشفة ووجد علماء المتحجرات أن توزع الأنواع القديمة يقترح أن القارات كنّ واحدة متحدة. لاحقاً، اقتُرِح (الاضطراب البنيوي للصفائح) على أنه آلية التحرك القاري، تماماً

مثلما اقتُرِح الانتخاب الطبيعي على أنه آلية التطور. تتصلب الصفائح البنيوية للأرض بشكل قشرة وتطفو على سطح مادة أكثر سيولة في لب الأرض. ورغم أن نظرية الاضطراب البنيوي للصفائح استُقبِلَت بتشكك الجيولوجيين، فقد خضعت لاختبارات صارمة في نواحٍ عديدة، مانحة الأدلة المقنعة على صحتها. اليوم، بفضل تقنية القمر الصناعي لتحديد المواقع، يمكننا حتى أن نرى القارات تتحرك مبتعدة عن بعضها، بسرعة ٢ إلى ٤ بوصات في السنة، حوالي نفس معدل نمو أظافر أصابعك. (هذا_على ذكر الشيء بالشيء_ متحد مع الأدلة ضد زعم الخلقيين "صغر عمر الأرض" حيث يزعمون أن عمرها ما بين ستة إلى عشرة آلاف سنة فقط. إن كانت هذه هي الحالة، لكنا بوسعنا أن نقف على الشاطئ الغربي لإسبانيا ونرى أفق مدينة نيويورك، لأن أوربا وأمركا كانت لتكونا قد تحركتا أقل من ميل واحد بعيداً عن بعضهما).

عندما كتب دارون (أصل الأنواع)، كان أغلب العلماء الغربيين_وتقريباً كل أحدٍ آخر_خلقيين. بينما قد لا يقبلون كل تفصيلة تظهر في سفر التكوين، فإن أغلبهم اعتقد أن الحياة قد خُلِقَت بشكلها الحالي تقريباً، مَصَمَّمَة من قِبَل خالق كلي القدرة، ولم تتغير منذ ذلك. في (أصل الأنواع) ، قدم دارون نظرية بديلة لنشوء وتنوع وتصميم الحياة. يقدم أغلب ذلك الكتاب أدلة ليس فقط التطور بل في نفس الوقت تدحض مذهب الخلقية. في عصر دارون، كانت الأدلة على نظرياته قد سيطرت لكن لم تُحسَم على نحو كامل. يمكننا أن نقول_من ثم_أن التطور كان نظرية (وإن كانت نظرية مدعومة بقوة) عندما اقتُرِحَت لأول مرة من قِبَل تشارلز دارون، ومنذ عام ١٨٥٩ تقدمت إلى (مرحلة الحقيقة) إذ تراكمت أدلة داعمة أكثر فأكثر. لا يزال التطور يدعى (نظرية)، تماماً مثل نظرية الجاذبية، لكنها نظرية هي أيضاً حقيقة.

إذن، كيف نختبر النظرية التطورية ضد الرؤية العامية التي لا تزال بأن الحياة قد خُلِقَت وظلت بلا تغير من بَعدُ؟ هناك في الواقع نوعان من الأدلة: الأول يأتي من استعمال المبادئ الستة لنظرية التطور لعمل تنبؤات قابلة للاختبار. لا أعني بكلمة تنبؤات أن نظرية التطور يمكنها التنبؤ بكيف ستتطور الكائنات في المستقبل. بالأحرى، فهي تتنبأ بما سوف نجده في الأنواع الحية أو المنقرضة عندما ندرسهم. ها هنا بعض التنبؤات التطورية:

– بما أن هناك متحجرات بقيت من أشكال الحياة القديمة، فيجب أن نكون قادرين على العثور على بعض الأدلة على التغير التطوري في السجل الأحفوري. إن أعمق (وأقدم) طبقات الصخر ستحتوي على متحجرات لأنواع أكثر بدائية، وبعض المتحجرات يجب أن تصير أكثر تعقيداً كلما صارت طبقات الصخر أحدث، مع

كائنات مشابهة للأنواع المعاصرة الموجودة في أكثر الطبقات حداثة. ويجب أن نرى بعض الأنواع تتغير عبر الزمن، مشَكِّلة خط تحدر يرينا "سلالة مع التعديل" أو بمعنى آخر تكيف.

– يجب أن نكون قادرين على العثور على بعض حالات الاستنواع في السجل الأحفوري، مع خط تحدر واحد ينقسم إلى اثنين أو أكثر. ويجب أن نكون قادرين على العثور على أنواع جديدة تتكون في الطبيعة.

– يجب أن نجد أمثلة على أنواع تربط المجموعات الرئيسية التي يُظَن أنها لها سلف مشترك ببعضها البعض، كالطيور مع الزواحف، والأسماك مع البرمائيات. علاوة على ذلك، فإن هذه "الحلقات المفقودة" أو بمصطلح أكثر ملاءمة تدعى "الأشكال الانتقالية" يجب أن تظهر في طبقات الصخر التي تؤَرَّخ بالزمن الذي يُفترَض أن المجموعتين انفصلتا فيه.

– نتوقع أن تُظهِر الأنواع تبايناً جينياً في الصفات العديدة (وإلا لما كانت هناك إمكانية لحدوث التطور).

– العيوب هي علامة التطور، لا التصميم المُدرِك. يجب إذن أن نكون قادرين على إيجاد حالات تكيف معيبة، لم يكن التطور فيها قادراً على أن ينجز نفس درجة المثالية كما كان ليفعل خالقٌ.

– يجب أن نرى الانتخاب الطبيعي يعمل في الطبيعة.

بالإضافة إلى هذه التنبؤات، يمكن أن يُدعَم التطور أيضاً بما أسميه (التنبؤات الارتجاعية): أي الحقائق والمعطيات التي ليست بالضرورة يُتَنَبَّأ بها بنظرية التطور، لكن يصير لها منطق فقط في ضوء نظرية التطور. التنبؤات الارتجاعية أسلوب صحيح لعمل العلم، فعلى سبيل المثال، بعض الأدلة التي تدعم (الاضطراب البنيوي لصفائح الأرض) أتت فقط بعدما عرف العلماء كيف يقرؤون التغيرات القديمة في اتجاه المجال المغناطيسي للأرض من عينات صخور على قاع البحر. تتضمن بعض التنبؤات الارتجاعية التي تدعم التطور (كنقيض للخلق الخاص) نماذج من توزع الأنواع على سطح الأرض، وسمات كيفية تطور الكائنات من الأجنة، ووجود سمات أثرية ليس لها فائدة واضحة. هذه هي مواضيع الفصلين الثالث والرابع.

إذن، تتنبأ النظرية التطورية بتنبؤات ظاهرة وواضحة. قضى داروين حوالي عشرين عاماً يجمع الأدلة على نظريته قبل أن ينشر (أصل الأنواع). ذلك كان منذ أكثر من ١٥٠ عاماً مضت. كثير من المعارف العلمية قد تراكمت منذ ذلك! كثير من المتحجرات قد وُجِدَت، كثير من الأنواع جُمِعت ورُسِمت توزيعاتها على خريطة العالم، كثير من الأعمال أكثر في كشف اللثام عن العلاقات التطورية بين الأنواع المختلفة. ونشأت كل فروع العلوم التي لم يحلم بها داروين، بما في ذلك علم الأحياء الجزيئي وتصنيف الكائنات (دراسة العلاقات التطورية بين الكائنات المتعضية).

كما سوف نرى، فكل الأدلة_القديمة والحديثة على السواء_تقود على نحو لا يمكن تجنبه إلى الاستنتاج بأن التطور حقيقة.

الفصل الثاني

مكتوب في الصخور

"قشرة الأرض هي متحف ضخم، بل المجموعات الطبيعية قد عُمِلَتْ فقط خلال مدد من الدهر بعيدة على نحو هائل."

تشارلز دارون، في كتاب (عن أصل الأنواع)

قصة الحياة على الأرض مكتوبة في الصخور، صحيح أنه كتاب تاريخ مُزّقَ ولُوِيَ، مع بقايا صفحات مبعثرة هنا وهناك، لكنه هناك، وأجزاء هامة منه لا تزال واضحة. لقد عمل علماء المتحجرات بلا كلل لتجميع الأدلة المادية التاريخية على التطور: السجل الأحفوري.

عندما نعجب بمتحجرات تأخذ الأنفاس كهياكل الديناصورات الضخمة التي تُشرّف متاحفنا للتاريخ الطبيعي، من السهل نسيان كم من الجهود بُذِلت لاكتشاف واستخراج وتحضير ووصف إياهم. أعمارٌ انقضت، وبعثات مكلفة ومغامِرة إلى أجزاء العالم البعيدة والقاسية غير المرحبة، كثيراً ما اشتملها الأمر. فزميلي في جامعة شيكاجو Paul Sereno_كمثال_يدرس الديناصورات الإفريقية، وأغلب المتحجرات الهامة يوجد في وسط الصحراء الكبرى تماماً. واجه هو وزملاؤه المشاكل السياسية واللصوص والمرض، وبالتأكيد شدائد الصحراء نفسها لاكتشاف أنواع جديدة وجديرة بالملاحظة مثل **Afrovenator abakensis & Jobaria tiguidensis**، وهما عينتان ساعدتا على إعادة كتابة قصة تطور الديناصورات.

مثل هذه الاكتشافات تستلزم تكرساً حقيقياً للعلم، وسنوات كثيرة من العمل المجتهد والمثابرة والشجاعة، بالإضافة إلى جرعة وافرة من الحظ. لكن كثيراً من علماء المتحجرات يغامرون بحيواتهم لأجل لُقى كهذه. بالنسبة لعالم أحياء، فالحفريات قيّمة كتُبْر الذهب. فبدونهم، لكان لدينا مختصر تخطيطي ناقص فقط للتطور. وكل ما كنا سنستطيع حينئذ فعله هو دراسة الكائنات الحية ومحاولة تخمين العلاقات التطورية من خلال التشابهات في

الشكل والتنمي الجنيني وتتابعات الحمض النووي. كنا سنعرف_على سبيل المثال_أن الثدييات أوثق قرابة إلى الزواحف من البرمائيات. لكننا لم نكن سنعرف كيف كان يبدو شكل أسلافهم المشتركين. لم نكن ستكون لدينا أدنى معرفة عن الديناصورات العملاقة، التي بعضها بكبر الشاحنات الحاوية، أو عن أسلافنا الأوسترالوبيثيكيين (القردة الجنوب إفريقية) الصغار الأدمغة، لكنهم مشوا منتصبي القامة. كثير مما كنا سنريد معرفته عن التطور كان سيظل غامضاً. لحسن الحظ، فإن التقدم في علوم الفيزياء وطبقات الأرض والكيمياء الحيوية، بالإضافة إلى شجاعة ومثابرة علماء في كل مكان في العالم، قد قدَّمت هذه البصائر الثمينة للماضي.

عمل السجل الأحفوري

عرف البشر المتحجرات منذ الأزمان القديمة: فقد وصفهم أرسطوطاليس، وربما تكون متحجرات الديناصور المنقاري **Protoceratops** قد أنشأت فكرة حيوان الغرِفين **griffin** الأسطوري عند اليونان القدماء. إلا أن المغزى الحقيقي للمتحجرات لم يُدْرَك حتى وقتٍ لاحق أكثر. وحتى في القرن الثامن، فُسِّروا ببساطة وتبرير كمنتجات قوى فوق طبيعية، لكائنات دُفِنَت في طوفان نوح، أو بقايا كائنات لا زالت حية مستوطنة في أجزاء الكرة الأرضية القصية والمجهولة.

لكن ضمن هذه البقايا المتحجرة يوجد تاريخ الحياة. كيف يمكننا أن نكتشف ذلك التاريخ؟ بدايةً_بالتأكيد_نحتاج المتحجرات، أعداد وافرة منهم. ثم نحتاج إلى وضعهم في الترتيب الصحيح، من الأقدم إلى الأحدث. ثم يجب أن نكشف متى كُوِّنت بالضبط. كلٌ من هذه المتطلبات يأتي بمجموعته الخاصة من التحديات.

إن عملية تشكل المتحجرات ذات خط مستقيم، لكنها تتطلب مجموعة دقيقة جداً من الشروط. فأولاً، يجب أن تجد بقايا الحيوان أو النبات سبيلها إلى الماء، راسبة إلى القاع، وتصير مغطاة بسرعة بالرواسب لكي لا تُبْلَى أو تبعثرها الحيوانات القمَّامة. نادراً جداً فحسب أن تصل نباتات أو كائنات برية ميتة إلى قاع بحيرة أو محيط. وهذا هو سبب كون معظم متحجراتنا التي لدينا هي لكائنات بحرية، والتي عاشت على أو في قاع المحيط، أو على نحو طبيعي يرسبون عند موتهم إلى القاع.

عندما تُدفَن بأمان في الرواسب، ترتشح الأجزاء الصلبة من المتحجرات أو تُستبدَل بالمعادن المذابة. ما يتبقى هو قالب لكائن حي أصبح مضغوطاً في صخرة بضغط الرواسب المتراكمة في الأعلى. ولأن الأجزاء الطرية من النباتات والحيوانات لا تتحجر بسهولة، فإن هذا يؤدي مباشرةً إلى تحيز [أو انحراف] شديد فيما نعرفه عن الأنواعِ القديمة. إن العظام والأسنان المتحجرة وفيرة، وأيضًا الأصداف والأجزاء الهيكلية الصلبة للحشرات والقشريات. لكن الديدان وقناديل البحر والبَكتيريا والكائنات الهشة كالطيور أقل ندرةً في المتحجراتِ، وكذلك متحجرات كل الأنواع البرية [نادرة] مقارنةً بالمائية. طوال أكثر من ٨٠% من تاريخ الحياة كانت كل الأنواع طرية الأجساد، بالتالي فإن لدينا نافذة ضبابية مشوشة فقط بالنسبة لأبكر التطورات وأكثرها إثارة للاهتمام في نشوء أشكال الحياة، وليس لدينا أي نافذة للاطلاع بالنسبة لنشأة الحياة.

عندما تتكون متحجرة، فهي تحتاج إلى النجاة من التغير اللانهائي: فيضانات وحرارة وسحق قشرة الأرض، عمليات تطمس على نحو كامل أغلب المتحجرات. ثم يجب أن تُكتَشَف. مدفونة عميقاً تحت سطح الأرض، فإن معظمهم متعذر علينا الوصول إليهم. فقط عندما تبرز وتنكشف الرواسب بتعرية الرياح أو الأمطار يمكن أن تهجم عليهم مطرقة عالم المتحجرات. وهناك فقط نافذة قصيرة من الوقت قبل أن تُمحَى هذه المتحجرات النصف مكشوفة ذاتها بفعل الرياح والماء والطقس.

آخذين في الحسبان كل هذه المتطلبات، فمن الواضح أن السجل الأحفوري يجب أن يكون غير كامل. كيف غير كامل؟ إن المجموع الكلي للأنواع التي عاشت على الأرض في أيما وقت مضى قد قدر بما بين ١٧ مليوناً (وربما هذا إبخاس مغالٍ بما أن ١٠ ملايين نوع تحيا اليوم) وأربعة مليارات. وبما أننا اكتشفنا حوالي ٢٥٠ ألف نوعاً متحجراً مختلفاً، يمكننا أن نقدر أننا لدينا أدلة متحجرة على ما بين ٠,١% إلى ١% من كل الأنواع. بالكاد عينة جيدة لتاريخ الحياة! لابد أن كثيراً من الكائنات المدهشة التي قد وجدت، قد ضاعت منا إلى الأبد. وبالرغم من ذلك، فلدينا متحجرات كافية لإعطائنا فكرة جيدة عن كيفية تقدم التطور، وإدراك كيفية انفصال المجموعات الرئيسية أحدها من الآخر.

وعلى نحو ساخر، بُدِأ في ترتيب السجل الأحفوري في الأصل ليس من قِبَل علماء التطور، بل من قبل علماء طبقات الأرض الذين كانوا أيضاً خلقيين، والذين قبلوا قصة الحياة المقدمة في سفر التكوين. رتب هؤلاء الجيولوجيون ببساطة طبقات الصخور المختلفة التي وجدوها مستخدمين مبادئ تقوم على الحس المشترك (في المعظم من حفر القنوات الذي رافق التصنيع في بريطانيا). ولأن المتحجرات تظهر في الصخور الرسوبية التي

بدأت كطمي في المحيطات والأنهار أو البحيرات (أو على نحو أكثر ندرة ككثبان رملية أو رواسب ثلجية)، إن الطبقات الأعمق لابد أن تكون وُضِعَت قبل الطبقات الأكثر سطحية. الصخور الحديثة توجد فوق القديمة. لكن ليس كل الطبقات توجد في أي مكان واحد. ففي بعض الأحيان لا يتشكلون أو يتآكلون مزالين.

لتأسيس ترتيب كامل لكل طبقات الصخر_من ثم_يجب أن تقارن وتربط ما بين الطبقات من مواقع مختلفة حول العالم. إن كانت طبقة من نفس نوع الصخر تحتوي على نفس نوع المتحجرات، تظهر في مكانين مختلفين، فإن من المنطقي افتراض أن الطبقة من نفس العصر في كلا المكانين. لذا _كمثال_إن وجدت أربع طبقات من الصخر في موقع واحد (ولنسمهم من الأسطح إلى الأعمق ك أ ب د هـ)، ثم تجد اثنين فقط من هذه الطبقات في مكان آخر، مضافاً إليهما طبقة أخرى علاوة على ذلك (ب ج د)، يمكنك أن تستنتج أن السجل يحتوي على خمس طبقات على الأقل، في الترتيب من الأحدث إلى الأقدم: أ ب ج د هـ. إن مبدأ تراكب الطبقات هذا اكتُشِف أول مرة في القرن السابع عشر على يد الدنماركي متعدد جوانب الثقافة **Nicolaus Steno**، والذي صار لاحقاً مطراناً (رئيس أساقفة)، وقد رسمه البابا **Pius** الحادي عشر قديساً عام ١٩٨٨. (بالتأكيد الحالة الوحيدة لقيام قديس بمأثرة علمية هامة). باستخدام مبدأ **Steno**، رُتِبَ السجل الجيولوجي بجهد مضنٍ في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر من طبقة الكامبري القديمة جداً حتى الطبقة المعاصرة. إلى هنا فهذا جيد جداً. لكن هذا يخبرك فقط بالأعمار التقريبية للصخور، لا أعمارها الفعلية.

ثم منذ عام ١٩٤٥ صرنا يمكننا قياس الأعمار الفعلية لبعض الصخور، باستخدام النشاط الإشعاعي. تندمج عناصر نشطة إشعاعياً معينة (نظائر إشعاعية) بالصخور النارية عندما تتبلور من الصخور الذائبة من أسفل سطح الأرض. تضمحل النظائر الإشعاعية تدريجياً إلى عناصر أخرى بمعدل ثابت. عادة يُعبَّر عنه بـ(نصف العمر). أي الوقت المتطلَب لتلاشي نصف كمية النظير الإشعاعي. فإن عرفنا نصف العمر، وكم كمية النظير الإشعاعي التي كانت هناك عندما تكون الصخر (وهو شيء يقدر علماء طبقات الأرض على تحديده بدقة) وكم تبقى الآن، فهي وسيلة بسيطة نسبياً لتحديد عمر الصخر. تضمحل النظائر الإشعاعية المختلفة بمعدلات مختلفة. تؤرخ الصخور الأقدم غالباً باستخدام اليورانيوم ٢٣٨، موجوداً في الزركون العادي. إن لليورانيوم ٢٣٨ (U^{238}) نصف عمر هو حوالي سبعمئة مليون سنة. أما الكربون ١٤ فله نصف عمر ٥٧٣٠ سنة، ويُستخدم للصخور الأكثر حداثة، أو حتى لقياس عمر مصنوعات البشر مثل مخطوطات البحر الميت. عادة توجد عدة نظائر إشعاعية سوياً، لذا يمكن التحقق على نحو مقارن من التأريخات، وتتفق الأعمار على نحو ثابت دوماً. رغم ذلك، فإن الصخور الحاملة للمتحجرات ليست بركانية بل رسوبية، ولا يمكن أن تؤرَّخ على نحو مباشر. لكننا يمكننا

الحصول على أعمار المتحجرات بتصنيف الطبقات الرسوبية مع تواريخ الطبقات النارية البركانية المجاورة المحتوية على النظائر المشعة.

كثيراً ما يهاجم مناوئو التطور جدارة هذه التأريخات بالتعويل عليها، بقولهم أن معدلات الاضمحلال الإشعاعي ربما قد تغيرت عبر الزمن أو بالضغوط الفيزيائية بفعل الصخور. هذا الاعتراض كثيراً ما ينطق به الخلقيون من أصحاب رأي "الأرض صغيرة العمر" الذين يعتبرون عمر الأرض يتراوح ما بين ستة إلى عشرة آلاف سنة. لكن هذا باطل. فحيث أن النظائر المشعة تضمحل بأعمار مختلفة، فلما كانوا سيعطون تأريخات متوافقة لو كانت معدلات الاضمحلال قد تغيرت. علاوة على ذلك، فإن أنصاف أعمار النظائر المشعة لا تتغير عندما يُخضِعها العلماء إلى الحرارة والضغوط الشديدة في المعمل. وعندما يمكن التحقق من التأريخات الإشعاعية أمام التأريخات من السجل التاريخي البشري_كما في وسيلة الكربون ١٤_فهما يتفقان على نحو ثابت. إن التأريخ بالقياس الإشعاعي للأحجار النيزكية هو ما يخبرنا أن عمر الأرض والمجموعة الشمسية هو ٤,٦ مليار سنة. (أقدم صخور الأرض أصغر قليلاً: ٤,٣ مليار سنة في عينات من شمال كندا، لأن الصخور الأقدم قد دُمِّرت بحركات القشرة الأرضية.)

هناك أيضاً طرق أخرى للتحقق من دقة التأريخ بالقياس الإشعاعي. أحدها يستعمل علم الأحياء، ويتضمن دراسة بارعة لحفريات المرجان من قِبَل **John Wells** من جامعة **Cornell University**. يظهر التأريخ بالنظير الإشعاعي أن هذه المرجانات قد عاشت أثناء العصر الديفوني، منذ حوالي ٣٨٠ مليون عام مضى. لكن **Wells** استطاع أيضاً كشف متى عاشت هذه المرجانات ببساطة بالنظر ملياً إليها. فلقد استفاد من حقيقة أن الاحتكاك بسبب المد والجزر يبطئ تدريجياً دوران الأرض خلال الزمن. كل يوم_أي دورة واحدة للأرض_هو أطول بقليل جداً من سابقه. ليس مما يمكن أن تلاحظه، فلنكون دقيقين، يزداد طول اليوم حوالي دقيقتين كل عشرة آلاف سنة. وبما أن أمد السنة_الوقت الذي تستغرقه الأرض للدوران حول الشمس_لا يتغير خلال الزمن، فهذا يعني أن عدد أيام السنة قد قل خلال الزمن. من خلال المعدل المعروف للتباطؤ، قدَّر **Wells** أنه عندما كانت تحيا مرجاناته_منذ حوالي ٣٨٠ مليون سنة مضت، إن كان التأريخ بالقياس الإشعاعي صحيحاً_فإن كل سنة قد احتوت على حوالي ٣٩٦ يوماً، كل منهم طوله ٢٢ ساعة. فإن كان هناك سبيل ما لتخبرنا المتحجرات نفسها كم كان طول كل يوم عندما كانت حية، سيمكننا التحقق ما إذا يكون ذلك الطول يتماثل مع الاثنين وعشرين ساعة المتنبأ بها من التأريخ بالقياس الإشعاعي.

بل المرجانات نفسها تقوم بهذا، لأنها بينما تنمو تسجل في أجسادها كم يوماً قد مرت به كل سنة. فتنتج المرجانات الحية كلاً من حلقات نمو يومية وسنوية. في عينات المتحجرات، نقدر أن نرى كم عدد الحلقات اليومية المنفصلة عن الحلقة السنوية، أي: كم يوماً كان متضمَناً في كل سنة عندما كانت المرجانات تحيا. عالمين بمعدل التباطؤ المدجزري، يمكننا التحقق بمقارنة القياس بالإشعاع أمام العمر المدجزري. محصياً الحلقات في مرجاناته العائدة إلى العصر الديڤوني، وجد Wells أنها قد مرت بحوالي ٤٠٠ يوم في السنة، مما يعني أن كل يوم كان طوله ٢١,٩ ساعة. هذا انحراف صغير جداً فحسب عن الاثنين وعشرين ساعة المتنبأ بها. لقد أعطانا هذا التقويم البيولوجي الذكي يقيناً إضافياً بدقة التأريخ بالقياس الإشعاعي.

الحقائق

ما الذي يؤلف دليلاً على التطور في سجل الأحافير؟ هناك عدة أنواع. أولاً، الصورة التطورية الكبيرة العامة: إن تفحصاً خلال التسلسل التام لطبقات الأرض ينبغي أن يُظهِر أن الحياة المبكرة كانت بسيطة تماماً، مع ظهور أنواع أكثر تعقيداً فقط بعد بعض الدهر. علاوة على ذلك، فينبغي أن المتحجرات الأحدث التي نجدها تكون هي الأكثر شبهاً للأنواع الحية المعاصرة.

يجب أيضاً أن نكون قادرين على رؤية حالات للتغير التطوري خلال خطوط التحدر، بما يعني تغير نوع من الحيوان أو النبات إلى شيء مختلف خلال الزمن. ينبغي أن تكون الأنواع اللاحقة لديها صفات تجعلها تبدو كمتحدري الأنواع الأقدم. وبما أن تاريخ الحياة يتضمن انفصال أنواع من أسلاف مشتركة، فيجب أيضاً أن نكون قادرين على رؤية هذا الانفصال، ونجد أدلة على هؤلاء الأسلاف في السجل الأحفوري. فكمثال، قد تنبأ علماء التشريح في القرن الثامن عشر بأن_من تشابهم الجسدي_الثدييات قد تطورت من زواحف عتيقة. لذا ينبغي أن نكون قادرين على العثور على زواحف كانت تصير أكثر شبهاً بالثدييات. بالتأكيد، لأن السجل الأحفوري غير كامل، فلا يمكننا توقع توثيق كل حلقة انتقالية بين أشكال الحياة الرئيسية، إلا أننا ينبغي على الأقل أن نجد البعض.

عند كتابة (أصل الأنواع)، تحسر دارون على السجل الأحفوري الناقص(التخطيطي). في ذلك الوقت كان يعوزنا سلاسل انتقالية من المتحجرات أو (حلقات مفقودة) بين الأشكال الأساسية توثق التغير التطوري. فبعض المجموعات_كالحيتان_ظهرت فجأة في السجل الأحفوري، بلا أسلاف معروفين. لكن ظل لدى دارون بعض

الدليل الأحفوري على التطور. شمل هذا ملاحظة أن الحيوانات والنباتات العتيقة كانت مختلفة جداً عن الأنواع الحية المعاصرة، مزدادة في التشابه أكثر فأكثر إلى الأنواع المعاصرة كلما ارتفعنا إلى أحدث الصخور تكوناً. لاحظ أيضاً أن المتحجرات في الطبقات المتقاربة أكثر تشابهاً إلى بعضها البعض عن التي توجد في طبقات أكثر تباعداً بكثير، متضمنة بداهةً عملية اختلاف تدريجية ومستمرة. علاوة على ذلك، فإنه في أي مكان يُعيَّن، تميل المتحجرات في أحدث الصخور الرسوبية إلى التشابه مع الأنواع المعاصرة الحية في تلك المنطقة، على العكس من الأنواع الحية في الأجزاء الأخرى من العالم. فحفريات الجِرابِيات_على سبيل المثال_قد وُجِدَت بوفرة فقط في أستراليا، وهذا حيث تعيش معظم الجرابيات المعاصرة. (تتضمن متحجرات الجرابيات تلك بعض أكثر الثدييات غرابة مما عاش على الإطلاق، مثل الكانجارو العملاق ذي العشرة أقدام طولاً، ذي الوجه المسطح، والمخالب الضخمة، والحافر الواحد في كل قدم.)

ما لم يكن لدى دارون هو متحجرات كافية لإظهار دليل واضح على التغير التدريجي في الأنواع، أو على الأسلاف المشتركين. لكن منذ لك الوقت، اكتشف علماء المتحجرات وفرةً منها، محققين كل التنبؤات المشار إليها أعلاه. يمكننا في العصر الحالي أن نرى تغيراً متواصلاً خلال خطوط تحدرات الحيوانات، فلدينا الكثير من الأدلة على الأسلاف المشتركين والأشكال الانتقالية (الأسلاف المشتركة للحيتان والتي كانت مفقودة_كمثال_قد اكتُشِفت)، وقد حفرنا عميقاً كفاية لنرى بدايات الحياة المعقدة ذاتها.

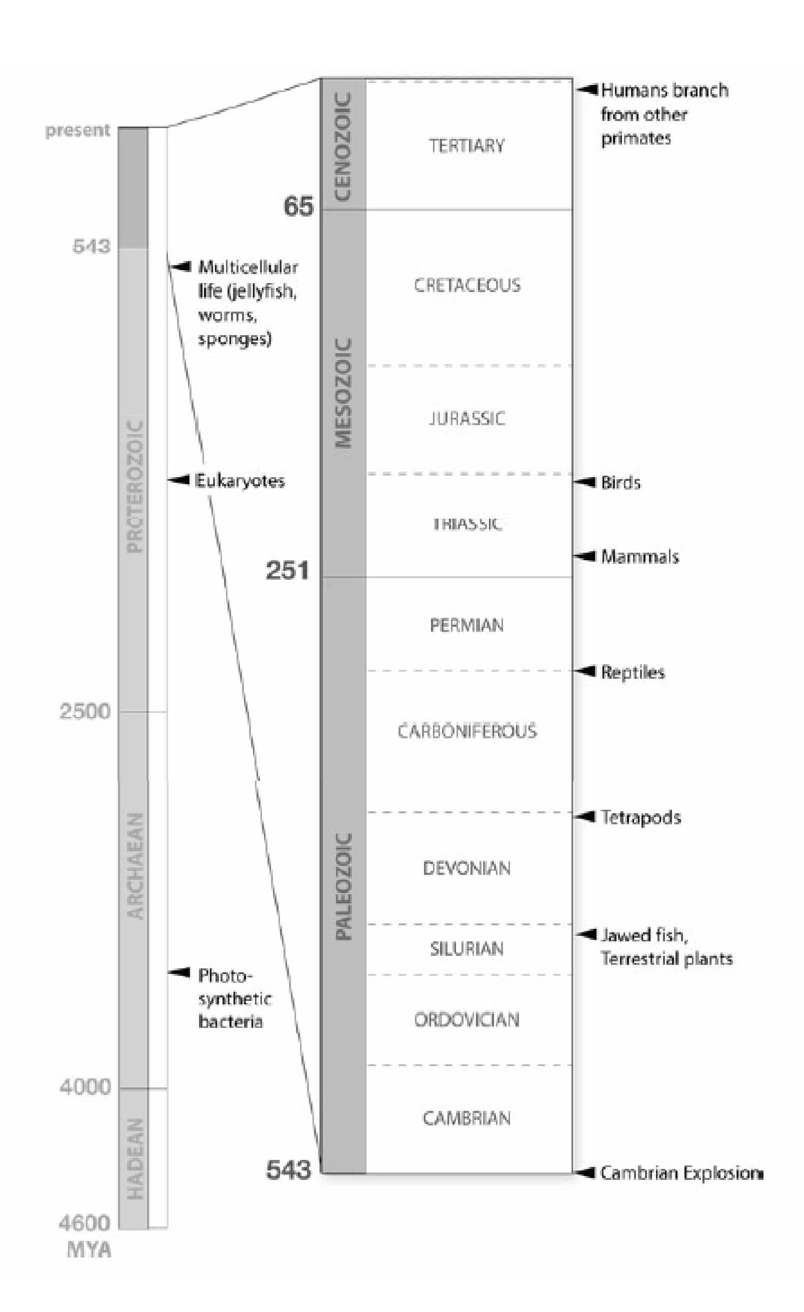
النماذج الكبيرة

الآن بوضعنا كل طبقات الأرض في ترتيب وتقديرنا تواريخها، يمكننا قراءة السجل الأحفوري من القاع إلى القمة. يرينا الشكل التوضيحي ٣ تسلسلاً زمنياً مبسطاً لتاريخ الحياة، راسماً الأحداث الحيوية والجيولوجية الرئيسية التي قد حدثت منذ نشأت أول الكائنات منذ حوالي ٣,٥ مليار سنة مضت.[٦] يقدم هذا السجل صورة واضحة للتغير، بادئاً بالبسيط ومتقدماً إلى الأكثر تعقيداً. رغم أن الشكل التوضيحي يرينا ما يبدو كـ "النشوآت الأولى" لمجموعات كالزواحف والثدييات، فهذا لا ينبغي أن يُفهَم على أن أشكال الحياة الحديثة ظهرت إلى في السجل الأحفوري فجأة، ناشئة من العدم. بالأحرى، فنحن نرى لمعظم المجموعات تطوراً تدريجياً من أشكال أقدم (فالطيور والثدييات_على سبيل المثال_قد تطورت عبر ملايين السنين من أسلاف زاحفية). إن وجود الانتقالات التدريجية بين المجموعات، والذي سأناقشه أدناه، يعني أن تعيين تاريخ لـ "أول ظهور" يصير اعتباطياً نوعاً ما.

نشأ أول الكائنات، البكتريا الممثلة للضوء البسيطة، وُجِدَت في رسوبيات تعود إلى ٣,٥ مليار، أي بعد حوالي مليار سنة فقط من تشكل كوكب الأرض. كانت هذه الكائنات وحيدة الخلية هي كل ما احتل الأرض لملياري سنة التاليين، بعدهما نرى أول حقيقيات النوى البسيطة: كائنات لها خلايا صحيحة ذوات أنوية وصبغيات (كروموسومات). ثم، منذ حوالي ستمئة مليون، نشأت سلسلة كاملة من الكائنات البسيطة نسبياً لكنها عديدة الخلايا، متضمنة الديدان وقناديل البحر والإسفنج. استنوعت هذه المجموعات خلال ملايين السنوات العديدة التالية، مع ظهور النباتات البرية ورباعيات الأطراف، وأبكرها كان الأسماك ذات الزعانف الغضنية (المرتبطة إلى الجسد بأنسجة) منذ حوالي أربعمئة مليون سنة. إن أغلب المجموعات المبكرة والتي استمر بعضها بالتأكيد في الحياة إلى اليوم: كالبكتريا الممثلة للضوء والإسفنج والديدان، تظهر في السجل الأحفوري مبكراً، ولا تزال تحيا معنا.

وبعد خمسة عشر مليون سنة لاحقة نجد أول البرمائيات الحقيقية، وبعد خمسة عشر مليون سنة أخرى تقريباً تنضم إليها الزواحف. أما أول الثدييات فيصل منذ حوالي ٢٥٠ مليون سنة (ناشئة_كما تُنبِأ_من أسلاف زاحفية)، والطيور الأولى تتحدر من الزواحف، ناشئة بعد خمسين مليون سنة لاحقة. وبعد أن ظهرت الثدييات الأبكر، صاروا_مع الحشرات والنباتات البرية_أكثر تنوعاً، وكلما اقتربنا من الصخور الأكثر سطحية تصير المتحجرات بتزايد أكثر تشابهاً للكائنات الحية الحديثة. البشر وافدون أحداث على مسرح الكوكب، فتحدرنا يتفرع من الذي لكل الرئيسيات الأخرى منذ حوالي سبعة ملايين سنة فقط، إننا الجزيئة الصغرى للزمن التطوري. استُعمِلت تشبيهات خيالية كثيرة لتوضيح هذه النقطة. وهي تستحق تكرارها مجدداً. لو انضغط كل زمن التطور في سنة واحدة، فإن أبكر بكتريا تظهر في نهاية مارس، لكننا لن نرى أول أسلاف البشر حتى السادسة صباحاً من ٣١ ديسمبر. العصر الذهبي لليونان، منذ حوالي خمسمئة سنة قبل الميلاد، سيُمثَّل بثلاثين دقيقة فقط قبل منتصف الليل.

رغم أن السجل الأحفوري للنباتات أكثر ضآلة_لافتقادها الأجزاء الصلبة سهلة التحجر_فهي تُظهِر نموذجاً تطوريا مماثلاً. فالأقدم هي الأشنات والطحالب، متبوعة بظهور السراخس، ثم الصنوبريات، ثم الأشجار النفضية، وآخراً النباتات المزهرة.



الشكل التوضيحي ٣: السجل الأحفوري يرينا أول نشوآت للعديد من أشكال الحياة التي نشأت منذ تكونت الأرض منذ ٤,٦ مليار سنة. نلاحظ أن أول أشكال الحياة عديدة الخلايا قد نشأت واستنوعت في آخر ١٥% من تاريخ الحياة فقط. تظهر المجموعات على مسرح الوجود في نمط تطوري مرتب، مع العديد من النشوآت بعد متحجرات معروفة انتقالية من أسلاف. النتيجة الظاهرة لهذا، بالإضافة إلى الأشكال الانتقالية، تدحض الادعاآت الخلقية بأن كل أشكال الحياة نشأت ليس فقط فجأة، بل أيضاً في نفس الوقت.

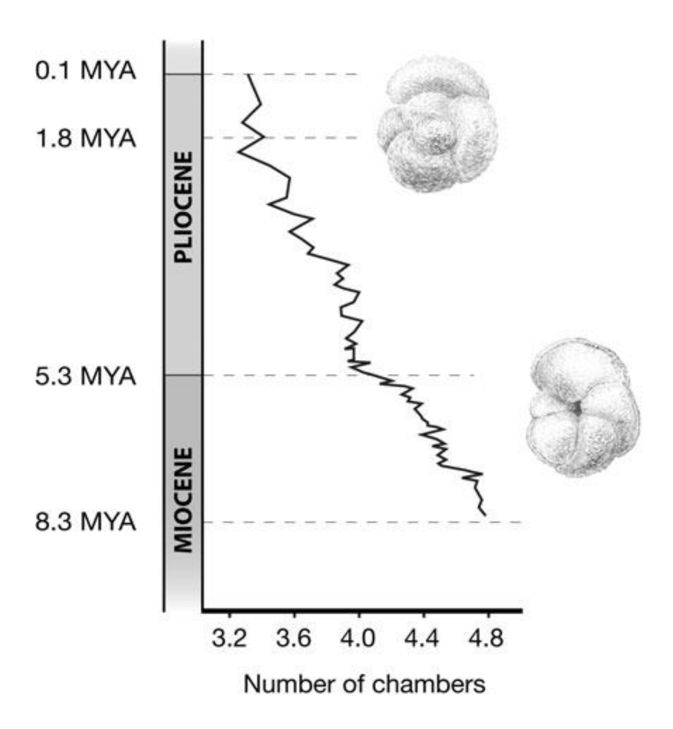
إذن فإن ظهور الأنواع خلال الزمن_كما يُرَى في المتحجرات_بعيد عن العشوائية. فقد نشأت الكائنات البسيطة قبل المعقدة، الأسلاف المتنبأ بهم قبل المتحدرين. أكثر المتحجرات حداثة هي الأكثر شبهاً للأنواع الحية. ولدينا متحجرات انتقالية تربط العديد من المجموعات الرئيسية. لا نظرية الخلق الخاص المستقل_ولا أي نظرية غير التطور_يمكنها شرح هذه الأنماط.

التطور الظاهر في المتحجرات والاستنواع

لترى تغيراً تطورياً تدريجياً خلال خطِ تحدرٍ واحدٍ، تحتاج إلى سلسلة جيدة من الرسوبيات، مع تفضيل النزول إلى أسفل أسرع (حيث أن كل فترة زمنية تمثل بشريحة صخرية سميكة، مما يجعل التغير أسهل رؤيةً)، وبلا طبقات مفقودة (فالطبقة المفقودة في الوسط تجعل الانتقال التطوري الهادئ يبدو ك"قفزة" فجائية).

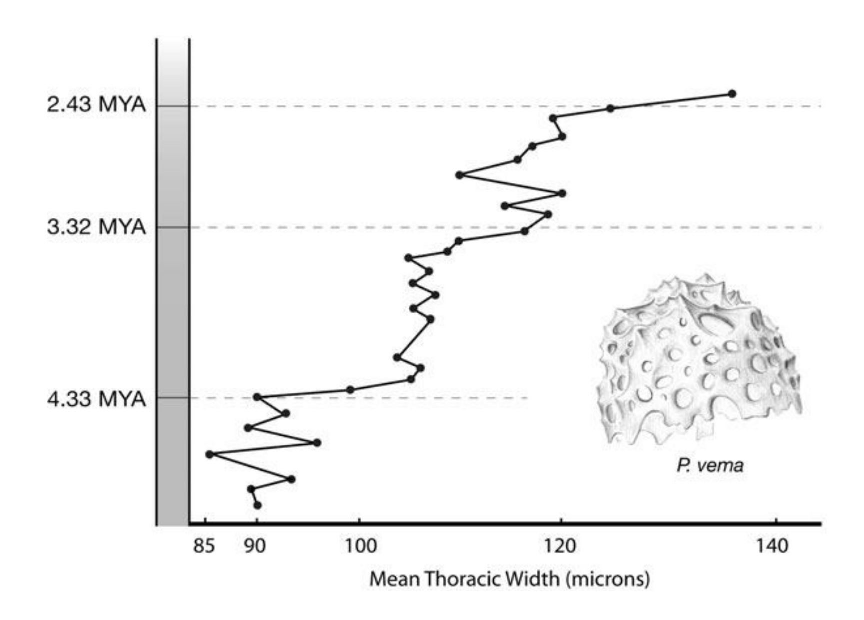
المتحجرات البحرية الصغيرة للغاية_مثال العوالق (كائنات مجهرية طافية في المياه **Planktons**)، مثالية لهذا الغرض. فهناك البلايين منها، كثير منها له أجزاء صلبة، وهي على نحو ملائم تسقط مباشرةً إلى قاع البحر بعد الموت، متراكمةً في سلسلة متواصلة من الطبقات. أخذُ العينات من الطبقات في ترتيبٍ سهلٌ: يمكنك إقحام أنبوب طويل في قاع البحر، ساحباً عينة عمودية لُبِّيّة، وقراءتها وتأريخها من الأسفل إلى القمة.

متتبعاً متحجرات نوع واحد خلال اللب، كثيراً ما يمكنك رؤية تطورها. يظهر الشكل ٤ مثالاً للتطور في حيوان أولي وحيد الخلية صغير يبني محارة حلزونية، مكوِّناً تجاويف أكثر كلما تنمَّى. هذه النماذج هي من شرائح بطول مئتي متر من اللب مأخوذة من قاع المحيط قرب نيوزيلاند، تمثل حوالي ثمانية ملايين سنة من التطور. تُظهر الصورة التغير خلال الزمن في صفة واحدة: عدد التجاويف في الالتفاف النهائي للمحارة. هنا نرى تغيراً هادئاً تماماً وتدريجياً خلال الزمن. الأفراد كان لها ٤,٨ تجويفاً لكل التفافة عند بداية السلسلة و٣,٣ عند النهاية، نقصان بحوالي ٣٠%.



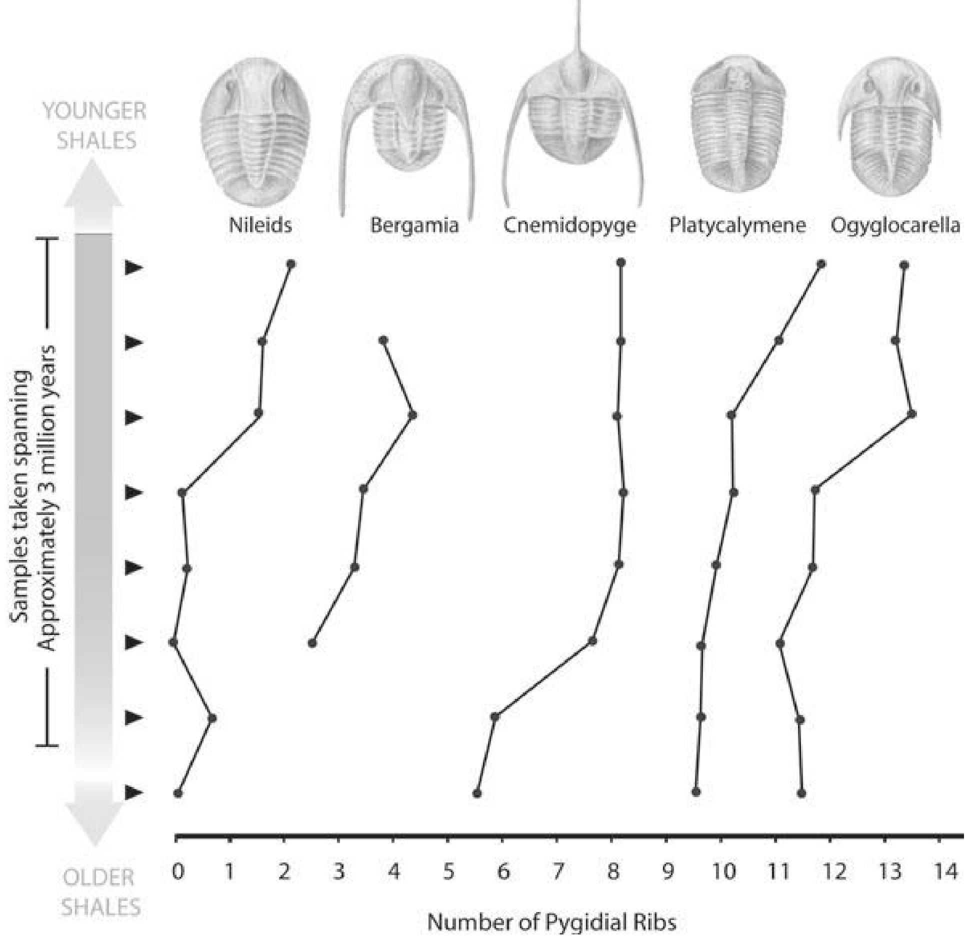
الشكل التوضيحي ٤: يُظهِر سجل الأحافير (المحفوظ في لب قاع البحر) تغيراً تطورياً في الحيوان المُنَخْرَب **foraminiferan** (حيوانات بحرية دنيا مثقبة الأصداف) **Globorotalia conoidea** خلال فترة ثمانية ملايين سنة. يقدم المقياس المدرج عدد التجاويف في الالتفاف النهائي للمحارة، بمعدله بين الأفراد من كل شريحة من اللب. **(After Kennet 1981) Malmgren and**

التطور_من خلال التدرج_لا يحتاج دوماً مسيراً هادئاً، أو بسرعة منتظمة: يُرينا الشكل التوضيحي ٥ نموذجاً أقل نظامية في كائن مجهري بحري آخر، إشعاعي الأطراف (أحد حيوانات وحيدة الخلية لها أشواك وهيكل عظمي سيليكوني) **Pseudocubus vema** . في هذه الحالة أخذ الجيولوجيون عينات متباعدة بانتظام من لب بطول ١٨ متراً طولاً مستخرَج من قرب القارة القطبية الجنوبية، يمثل حوالي مليوني سنة من الرواسب. كانت الصفة التي قيست هي سعة قاعدته الأسطوانية "حلقه". رغم أن الحجم ازداد حوالي ٥٠% خلال الزمن، فإن الاتجاه لم يكن هادئاً. فهناك فترات لم يتغير الحجم فيها كثيراً، تتخللها فترات ذوات تغير أسرع. هذا النمط عام تماماً في هذه المتحجرات، وهو يمكن فهمه تماماً إذا كانت التغيرات التي نراها قِيدَت بعوامل بيئية كتقلبات المناخ أو الملوحة. تتغير البيئات نفسها بتشتت وعدم انتظام، لذا فإن قوة الانتخاب الطبيعي كانت تزداد وتتضاءل.



الشكل التوضيحي ٥: التغير التطوري في حجم الحلق في إشعاعي الأطراف Pseudocubus vema خلال حقبة مليوني سنة. القيم هي المتوسطات السكانية من كل شريحة من اللب لاتساع الحلق بالميكرون متر. (After Kellogg and Hays 1975.)

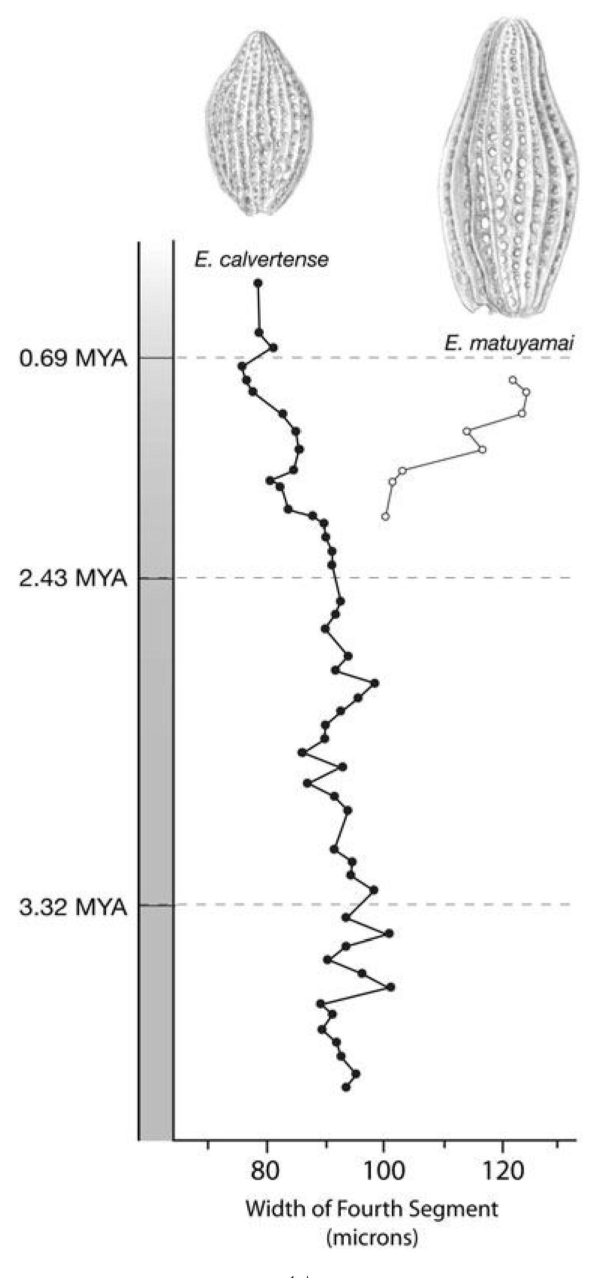
فلننظر إلى التطور في نوع أكثر تعقيداً: ثلاثيات الفصوص (Trilobites) (مفصليات منقرضة). إن ثلاثيات الفصوص هي من المفصليات، في نفس لمجموعة التي تنتمي إليها الحشرات والعناكب. لأنهم كانوا محميين بمحارة صلبة، فإنهم متوفرون جداً في الصخور القديمة (ربما يمكنك شراء واحدة من أقرب محل تحف لك). إذن لقد جمع Peter Sheldon من كلية Trinity College Dublin متحجرات ثلاثيات الفصوص من طبقة الطفل بـWelsh تستغرق حوالي ثلاثة ملايين سنة. خلال هذا الصخر، وجد ثماني خطوط تحدر مختلفة لثلاثيات الفصوص، وخلال الزمن يُظهِر كلٌ منها تغيراً تطورياً في عدد "الأضلاع الخلفية" أي الفصوص على الجزء المؤخر من الجسم. يظهر الشكل التوضيحي ٦ التغيرات في العديد من خطوط التحدر تلك. ورغم أن خلال مجمل حقبة العينة المأخوذة أظهر كل نوع زيادة نهائية في عدد الفصوص، فإن التغيرات ضمن الأنواع المختلفة لم يكن فقط غير مترابط، بل في بعض الأحيان مضى في اتجاهات متعاكسة خلال نفس الحقبة.



الشكل التوضيحي ٦: التغير التطوري في عدد الأضلاع الخلفية (الفصوص على الجزء الخلفي) لخمسة أنواع من ثلاثيات الفصوص من الحقبة الجيولوجية الأوردوفشتية. الرقم هو المتوسط السكاني عند كل شريحة من عينة المحارات لثلاثة ملايين سنة. تُظهِر الخمسة أنواع وثلاثة آخرى ليست بالصورة زيادة نهائية في عدد الضلوع خلال الحقبة، مما يقترح أن الانتخاب الطبيعي كان يَحدث خلال الأمد الطويل، إلا أن الأنواع لم تتغير في توازٍ كامل. (After Sheldon 1987.)

للأسف، نحن ليس لدينا فكرة عن ماهية الضغوط الانتخابية التي قادت التغيرات التطورية في هذه العوالق وثلاثيات الفصوص. إنه من السهل دوماً توثيق التطور في سجل الأحافير عن فهم ما سببه، لأنه رغم أن الأحافير محفوظة، فإن بيئاتها ليست كذلك. ما يمكننا قوله أنه كان هناك تطور، وكان تدريجياً، وقد تنوع في كلٍ من السرعة والاتجاه.

تقدم العوالق البحرية أدلة على انشقاق خطوط التحدر، بالإضافة إلى التطور في خط التحدر الواحد. يظهر الشكل التوضيحي رقم ٧ نوعاً عالقياً سلفياً ينفصل إلى متحدِرَيْنِ، مختلفين في كل من الحجم والشكل. بشكل مشوق، فإن النوع الأحدث Eucyrtidium matuyamai تطور أولاً في منطقة إلى الشمال من المنطقة التي أُخِذت منها عينات اللب، ولاحقاً فقط غزا المنطقة التي نشأ بها سلفه. كما سنرى في الفصل السابع، فإن تكون نوع جديد يبدأ عادةً عندما ينعزل أفراد المجموعة جغرافياً عن بعضهم البعض.



الشكل التوضيحي ٧: التطور والاستنواع في نوعين من العوالقي الإشعاعي **Eucyrtidium** ، مأخوذاً من لب رسوبي يستغرق أكثر من ٣,٥ مليون سنة. تمثل النقاط عرض الضلع الرابع، كمعدلات لكل نوع في كل شريحة من اللب. في مناطق إلى الشماليّ من مكان أخذ هذه العينة، مجموعة سلفية من **E. calvertense** صارت أكبر، تدريجياً نالت الاسم (التصنيف) **E. matuyamai** إذ صارت أكبر. ثم أعاد **E. matuyamai** احتلال مجال قريبه، كما يظهر في الرسم البياني، ويعيش اليوم كلا النوعين في نفس المكان، بادئين في الاختلاف بحجم الجسم. ربما كان هذا الاختلاف نتيجة الانتخاب الطبيعي لتقليل التنافس على الطعام بين النوعين. **(After Kellogg and Hayes 1975)**

هناك المئات من الأمثلة الأخرى على التغير التطوري في المتحجرات، تدريجية ومؤكدة، من أنواع مختلفة كالرخويات والقوارض والرئيسيات. وهناك أيضاً أمثلة لأنواع تغيرت على نحو ضئيل خلال الزمن. (فلنتذكر أن النظرية التطورية لا تقول بأن كل الأنواع ينبغي أن تتطور!) لكن تسجيل هذه الحالات لن يغير نقطتي: لا يعطي السجل الأحفوري دليلاً على التنبؤ الخلقي بأن كل الأنواع ظهرت فجأةً وظلت بعدئذٍ غيرَ متغيرةٍ. عوضاً عن ذلك فإن أشكال الحياة قد ظهرت في السجل الأحفوري بتسلسل تطوري، وهي نفسها تطورت واستنوعت.

الحلقات الانتقالية

ربما تعطي التغيرات في الأنواع البحرية أدلة على التطور، لكن هذا ليس الدرس الوحيد لدى السجل الأحفوري ليُعَلِّمَه. ما يثير الناسَ حقاً_ وعلماء الأحياء والمتحجرات من ضمنهم_هو الأشكال الانتقالية: تلك المتحجرات التي تسد الفجوة بين نوعين مختلفين جداً من الكائنات الحية. هل جاءت الحيوانات البرية حقاً من سمك، والطيور من زواحف، والحيتان من حيوانات برية؟ إن كان كذلك، فأين الدليل الأحفوري؟ حتى بعض الخلقيين سيُسَلِّمون بأنه قد تحدث تغيرات صغيرة في الحجم والشكل خلال الزمن، عملية تدعى التطور الضئيل، لكنهم يرفضون فكرة أن نوعاً مختلفاً جداً من الحيوان أو النبات يمكن أن يأتي من آخر (التطور الكبير). يجادل مؤيدو التصميم الذكي بأن هذا النوع من الاختلاف يتطلب التدخل المباشر لخالقٍ [٧]. رغم أن داروين في (أصل الأنواع) لم يمكنه الإشارة إلى أشكال انتقالية، فإنه كان سيبتهج بالمدى الذي تأكدت به نظريته بفضل ثمار علم المتحجرات الحديث. يتضمن هذا الكثير من الأنواع المنقرضة التي تُنُبِأ بوجودها قبل اكتشافها بسنوات كثيرة، لكن ذلك اكتُشِف في العقود الأخيرة القليلة فقط. لكن ما الذي يعتبر على أنه الدليل الأحفوري لانتقال تطوري رئيسي؟ طبقاً للنظرية التطورية، فإن لكل نوعين_مهما اختلفا_كان هناك قديماً نوع واحد كان جد كليهما. يمكننا أن ندعو هذا النوع الواحد "الحلقة الانتقالية" أو "الرابط المفقود". كما قد رأينا، فإن فرصة العثور على ذلك النوع السلفي الواحد في السجل الأحفوري هي صفر تقريباً. فالسجل الأحفوري ببساطة

متقطع جداً عن أن نتوقع ذلك. إلا أننا لسنا مضطرين إلى الاستسلام، لأننا نستطيع إيجاد بعض الأنواع الأخرى في السجل الأحفوري، أقارب لصيقة للروابط المفقودة الفعلية، يوَثِّقون السلفية المشتركة بصورة مساوية تماماً. فلنأخذ أحد الأمثلة. في عصر دارون، حدس علماء الأحياء من الدليل التشريحي _كالتشابهات في بنية القلوب والجماجم_أن الطيور مرتبطة على نحو وثيق إلى الزواحف. لقد خمنوا أنه ينبغي أن كان هناك سلف مشترك_والذي خلال حدثٍ استنواعٍ_أنتج خطي تحدر، أحدهما أنتج آخراً كل الطيور الحديثة، والآخر كل الزواحف الحديثة.

كيف كان يبدو هذا السلف المشترك؟ حدسنا سيقول أنه كان يشبه شيئاً متوسطاً بين زاحف حديث وطائر حديث، مظهِراً مزيجاً من الصفات من كلا النوعين من الحيوانات. لكن هذه ليست بالضرورة هي الحالة، كما قد رأى دارون في (أصل الأنواع):

"أجد أنه من الصعب_عند النظر إلى أي نوعين_تجنب أن أصور لنفسي أشكالاً تتوسط على نحو مباشر بينهما . لكن هذه وجهة نظر خاطئة تماماً، ينبغي أن نبحث دوماً عن أشكال تتوسط بين كل نوعين وسلف مشترك لكنه مجهول، والسلف سيكون عامة مختلفاً في بعض النواحي عن كل متحدريه المُعَدَّلين."

لأن الزواحف تظهر في السجل الأحفوري قبل الطيور، يمكننا أن نحدس ان السلف المشترك للطيور والزواحف الحديثة كان زاحفاً عتيقاً، وكان يبدو كواحدٍ من هؤلاء. نعلم اليوم أن هذا السلف المشترك كان ديناصوراً. مظهره كان يعطي مفاتيح قليلة كانت في الحقيقة "الرابط المفقود". حيث أن أحد خطي المتحدرين سيؤدي لاحقاً إلى نشوء كل الطيور الحديثة، والآخر إلى ديناصورات أخرى. حقاً فإن السمات الشبه طيرية_كالأجنحة وعظمة الصدر العريضة لتثبيت عضلات الطيران_ستكون قد تطورت لاحقاً فقط في الفرع المؤدي إلى الطيور. وحيث أن خط التحدر ذلك نفسه يرتقي من الزواحف إلى الطيور، فإنه ينبثق عنه أنواع عديدة لها سمات مختلطة شبه زاحفية وشبه طيرية.بعض هذه الأنواع قد انقرضت، بينما أخرى استمرت في التطور إلى ما هو اليوم الطيور الحديثة. إنه إلى هذه المجموعات من الأنواع القديمة_ذوات الصلة من الأنواع القريبة إلى الفرع المعيَّن_ينبغي أن نبحث عن دليل على السلفية المشتركة.

إذن، فإن إظهار السلفية المشتركة لمجموعتين لا يتطلب أن نقدم متحجرات نوع مليء بالتفاصيل الدقيقة على أنه كان سلفهما المشترك، أو حتى نوعٍ على خط التحدر المباشر من سلفٍ إلى متحدر. بالأحرى، فنحن نحتاج

فقط إلى تقديم متحجرات لديها أنماط الصفات اللاتي تربط المجموعتين معاً. وعلى نحو هام يجب أن نعطي تاريخ الدليل مثبتين أن هذه الحفريات ظهرت في الوقت الصحيح من السجل الجيولوجي. "نوع انتقالي" ليس مرادفاً لـ "نوع سلفي"، فهو ببساطة نوع يُظهِر خليطاً من صفات الكائنات التي عاشت سواء بعده أو قبله. مسلمين بتخرق السجل الأحفوري، فإن إيجاد هذه الأشكال في الأزمنة الصحيحة هو هدف سليم وواقعي. في الانتقال من الزواحف إلى الطيور_كمثال_ينبغي أن تبدو الأشكال الانتقالية كالزواحف المبكرة، لكن مع بعض الصفات شبه الطيرية. وينبغي أن نجد هذه المتحجرات الانتقالية بعد أن كانت الزواحف قد نشأت فعلياً، لكن قبل أن تظهر الطيور الحديثة. علاوة على ذلك، فلا يجب أن تكون الأشكال الانتقالية على خط التحدر المباشر من سلف إلى متحدر حي، فمن الممكن أن يكونوا أقارب تطوريين قد انقرضوا. فكما سوف نرى، فإن الديناصورات التي أدت إلى نشوء الطيور قد اكتست بريش، لكن بعض هذه الديناصورات المريشة قد استمرت في الوجود جيداً بعد تطور الكائنات الأكثر شبهاً بالطير. هذه الديناصورات المريشة المتاخرة تظل تقدم الدليل على التطور، لأنها تخبرنا شيئاً عن من أين جاءت الطيور.

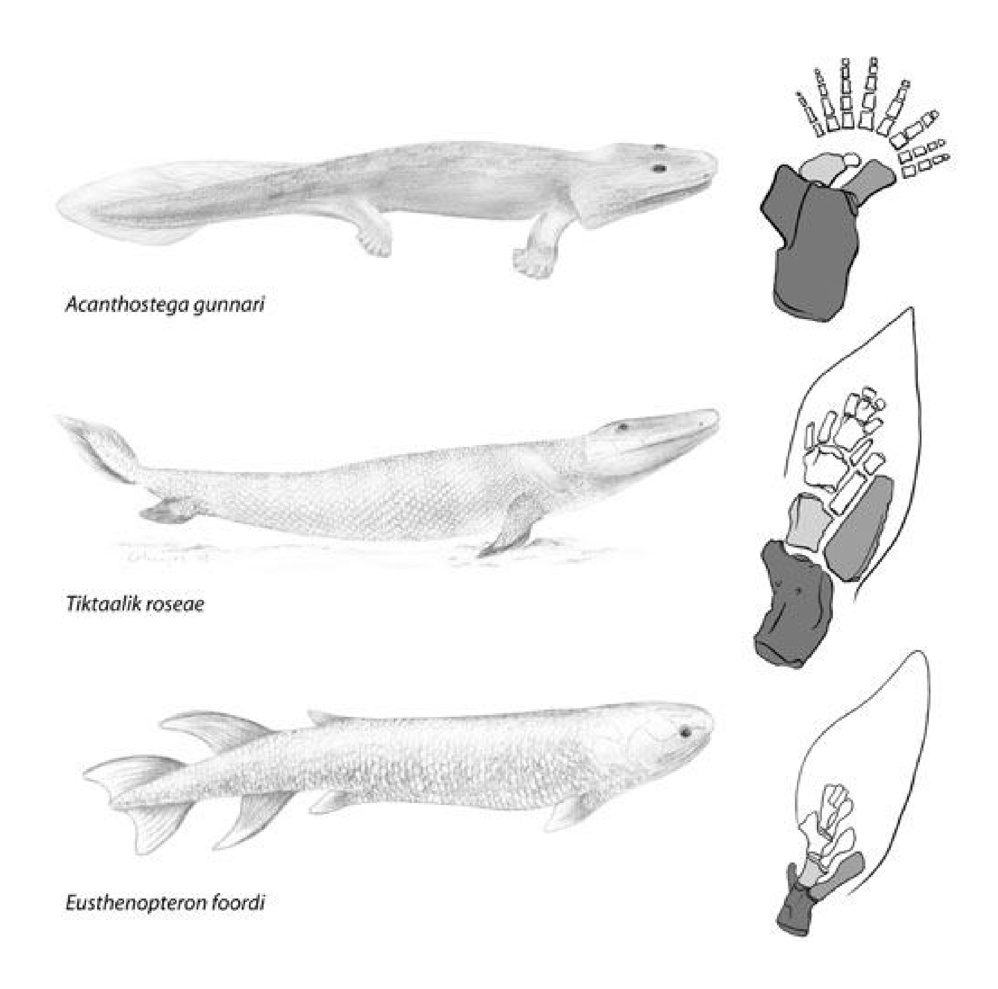
إذن، فتاريخ الكائنات الانتقالية وإلى حد ما مظهرها الجسدي يمكن التنبؤ به من النظرية التطورية. بعض من أكثر التنبؤات المتحققة حداثة ودرامية هي ضمن مجموعتنا الخاصة: الفقاريات.

على البر: من السمك إلى البرمائيات

واحد من أعظم التنبؤات المتحققة لعلم الأحياء التطوري هو الاكتشاف_في عام٢٠٠٤_لشكل انتقالي بين السمك والبرمائيات. هذه هي متحجرة النوع تيكتاليك **Tiktaalik roseae**، التي تخبرنا الكثير عن كيفية بدء الفقاريات في الحياة على البر. اكتشافها هو إثبات مذهل لنظرية التطور.

حتى حوالي ٣٩٠ مليون سنة ماضية، كانت الفقاريات الوحيدة هي الأسماك، لكن بعد ثلاثين مليون عام لاحقة، نجد كائنات رباعية الأرجل بوضوح: فقاريات ذوات أربع أرجل سارت على البر. كانت رباعيات الأرجل المبكرة هذه تشبه البرمائيات الحديثة من نواحي: لها رؤوس وأجساد مسطحة، ورقبة واضحة، وأرجل كأطراف متطورة جيداً. إلا أنها كذلك تُظهِر صلات قوية مع السمك الأقدم منها، خاصة المجموعة المسماة الأسماك فصية الزعانف، التي سميت هكذا بسبب زعانفها العظمية القوية التي مكنتها من دعم نفسها على قيعان البحيرات أو

الأنهار الضحلة. البنيوات الشبه سمكية لرباعيات الأرجل المبكرة تتضمن حراشف وعظام أطراف وعظام رأس. (انظر الشكل التوضيحي٨)



الشكل التوضيحي ٨ أ : غزو البر. رباعي الأقدام ساكن البر Acanthostega gunnari *من جرين لاند، منذ حوالي ٣٦٥ مليون سنة، وسمكة فصية الزعانف مبكرة* Eusthenopteron foordi منذ حوالي ٣٨٥ مليون سنة، والشكل الانتقالي Tiktaalik roseae من جزيرة Ellesmere Island منذ حوالي ٣٧٥ مليون سنة. يظهر توسط شكل جسد التيكتاليك من خلال توسط أطرافه، التي لها بنية عظمية تتوسط بين التي للزعانف القوية للأسماك فصية الزعانف والأطراف الأكثر قوة المتساوية لرباعي الأرجل. العظام المظللة هي التي ستتطور لاحقاً إلى عظام الأذرع للثدييات الحديثة: فالعظمة المظللة بالتظليل الأغمق ستصير أعضادنا، والعظام الظللة بالتظليل الوسط والخفيف ستصير الأذرع والأزناد، على الترتيب.

كيف تطورت الأسماك العتيقة لتبقى حية على البر؟كان هذا هو السؤال الذي أهمَّ_أو بالأحرى أقلق_زميلي بجامعة شيكاجو **Neil Shubin** . لقد قضى **Neil** سنواتٍ يدرس تطور الأطراف من الزعانف، ووصل لفهم المراحل الأسبق لذلك الظهور.

جاءت الفكرة بالحيثية التالية: إذا كانت الأسماك فصية الزعانف قد وُجِدت منذ حوالي ٣٩٠ مليون سنة، لكن لم توجد فقاريات برية، وبوضوح تظهر الفقاريات البرية منذ ٣٦٠ مليون سنة، فأين ستتوقع أن تجد الأشكال الانتقالية؟ في مكان ما بين الاثنين. متبعاً هذا المنطق، تنبأ نيل شوبين أنه لو وُجِدَت الأشكال الانتقالية، فسيُعثَر عليها في طبقة عمرها حوالي ٣٧٥ مليون سنة. علاوة على ذلك، ستكون الصخور من المياه العذبة عوضاً عن الرسوبيات البحرية، لأن كلاً من الأسماك فصية الزعانف المتأخرة والبرمائيات المبكرة قد عاشوا في المياه العذبة.

باحثاً في كتابه الجامعي عن خريطة لرواسب ماء عذب مكشوفة من العصر الملائم، عين شوبين وزملاؤه منطقةً غير مستكشفة حفرياً من القطب الشمالي الكندي: جزيرة **Ellesmere Island**، التي تقع في المحيط القطبي الشمالي شمال كندا. وبعد خمس سنوات طِوالٍ من البحث المجدب والمكلف، حازوا آخر الأمر اكتشافاً مُحرِزاً: مجموعة من الهياكل العظمية المتحجرة المتكدسة أحدها فوق الآخر في صخر رسوبي من نهر قديم. عندما رأى شوبين لأول وهلة وجه المتحجرة يبرز من الصخر، علم أنه قد وجد في النهاية شكله الانتقالي. وتكريماً للسكان الإسكيمويين أو الإنيوئت المحليين والمانح الذي ساعد في تمويل البعثات، سُميت المتحجرة **Tiktaalik roseae**، حيث "تيكتاليك" تعني بلغة الإنيوئت "سمكة المياه العذبة الكبيرة"، و"**roseae** " هو إشارة خفية إلى المانح المجهول.

للتيكتاليك صفات تجعل منه رابطاً مباشراً بين الأسماك فصية الزعانف الأقدم والبرمائيات اللاحقة. بخياشيم، وحراشف، وزعانف، فقد كان بوضوح سمكة اعتاشت في الماء. إلا انها لها كذلك صفات شبه برمائية. لأجل عدة أشياء: رأسها كان مسطحاً كالذي للسلامندر، مع العينين والمنخرين على قمة الجمجمة بدلاً من جانبيها. هذا يوحي أنها عاشت في المياه الضحلة واستطاعت النظر_وربما التنفس_فوق السطح. صارت الزعانف أكثر قوة، مُمَكِّنةً الحيوان من ثني نفسه إلى الأعلى لمساعدته على فحص بيئاته. و_كالبرمائيات المبكرة_ كان للتيكتاليك رقبة. ليس للأسماك رقاب، فجماجمها تتصل مباشرة بكواهلها.

الأكثر أهمية، أن التيكتاليك كان له صفتان جديدتان برهنتا على فائدتهما في مساعدة متحدريه على غزو البر. الأولى هي مجموعة من الضلوع القوية التي ساعدت الحيوان على ضخ الهواء إلى رئتيه وتحريك الأكسجين من خياشيمه (كان التيكتاليك يمكنه التنفس بالطريقتين). وعوضاً عن العظام الصغيرة الكثيرة في زعانف السمك فصي الزعانف، امتلك التيكتاليك عظاماً أقل وأقوى في الأطراف، عظاماً مشابهة في العدد والمواقع لما لدى كل كائن بري نشأ لاحقاً، بما في ذلك نحن. في الحقيقة يُستحسن وصف أطرافه كزعانف جزئياً، أرجل جزئياً.

على نحو واضح، فإن التيكتاليك كان متكيفاً جيداً للحياة والزحف في المياه الضحلة، والنظر فوق السطح، وتنفس الهواء. محددين بنيته، يمكننا أن نتصور الخطوة التطورية الحاسمة التالية، والتي ربما تضمنت سلوكاً جديداً. قليل من متحدري التيكتاليك كانوا جريئين كفاية للمغامرة خارج الماء على أطرافهم الزعنفية القوية، ربما لأخذ سبيلهم إلى نهر آخر (كما تفعل سمكة الطين القافزة المدهشة في المدار الاستوائي اليوم)، أو لتجنب المفترِسين، أو ربما لإيجاد طعام من الحشرات الضخمة الكثيرة التي تطورت من قبل. لو كان هناك أفضليات للمغامرة على البر، فيمكن للانتخاب الطبيعي تشكيل أولئك المستكشفين من سمك إلى برمائيات. تكشفت تلك الخطوة الصغيرة الأولى على الشاطئ عن قفزة عظيمة للنوع الفقاري، مؤدية في النهاية إلى تطور كل كائن مستوطن البر ذي عظمة ظهرية.

لم يكن التيكتاليك نفسه جاهزاً للحياة على الشاطئ. لأجل شيء واحد، فهو لم يطوِّر بعد أطرافاً تمكِّنه من المشيء. ولا زال لديه خياشيم داخلية للتنفس تحت الماء. لذا بوسعنا عمل تنبؤ آخر: في مكان ما، في رواسب المياه العذبة التي تعود إلى حوالي ٣٧٠ مليون سنة، سوف نجد مستوطناً للبرية مبكراً جداً ذا خياشيم أقل وأطراف أقوى بقليل عن التي للتيكتاليك.

يُظهر التيكتاليك أن أسلافنا كانوا سمكاً مفترساً مسطح الرأس كمنوا في مياه الأنهار الضحلة. إنها متحجرة تربط على نحو مدهش السمك بالرمائيات. والمدهش على نحو مساوٍ أن اكتشافها لم يكن متوقعاً فحسب، بل ومتنبأً بظهوره في صخور عصر معين وفي مكان معين.

إن أفضل طريقة لاكتشاف أحداث التطور المثيرة هي رؤية المتحجرات بنفسك، أو الأفضل علاوة على ذلك، التعامل معها. حظي طلابي بهذه الفرصة عندما أحضر نيل **Neil** نموذجاً للتيكتاليك إلى الفصل، ممرراً

إياه، ومرياً كيف أنه يشغل مكان شكل انتقالي. كان هذا_بالنسبة لهم_ أكثر دليل ماديةً على أن التطور حقيقة. كم كثيراً مرة تتوصل إلى وضع يديك على قطعة من التاريخ التطوري، الأقل منهم قد يكون سلفك البعيد؟

انظر صورة تشريحية لمتحجرة التيكتاليك في ملحق الصور برقم صورة ٨ب

خلال الهواء: نشأة الطيور من الزواحف

فيما يستعمل نصف جناح؟ حتى منذ عصر داروين، طُرِح هذا السؤال لإلقاء التشكك على التطور والانتخاب الطبيعي. يخبرنا علماء الأحياء أن الطيور تطورت من زواحف عتيقة، لكن كيف قدر حيوان مستوطن البر على تطوير القدرة على الطيران؟ يعترض الخلقيون بأن الانتخاب الطبيعي لا يمكنه شرح هذه الانتقالة، لأنها ستتطلب مراحل متوسطة تكون الحيوانات فيها لديها بدايات الأجنحة فقط. فهذا سيبدو على الأرجح يثقل الكائن أكثر من إعطائه أفضلية انتخابية.

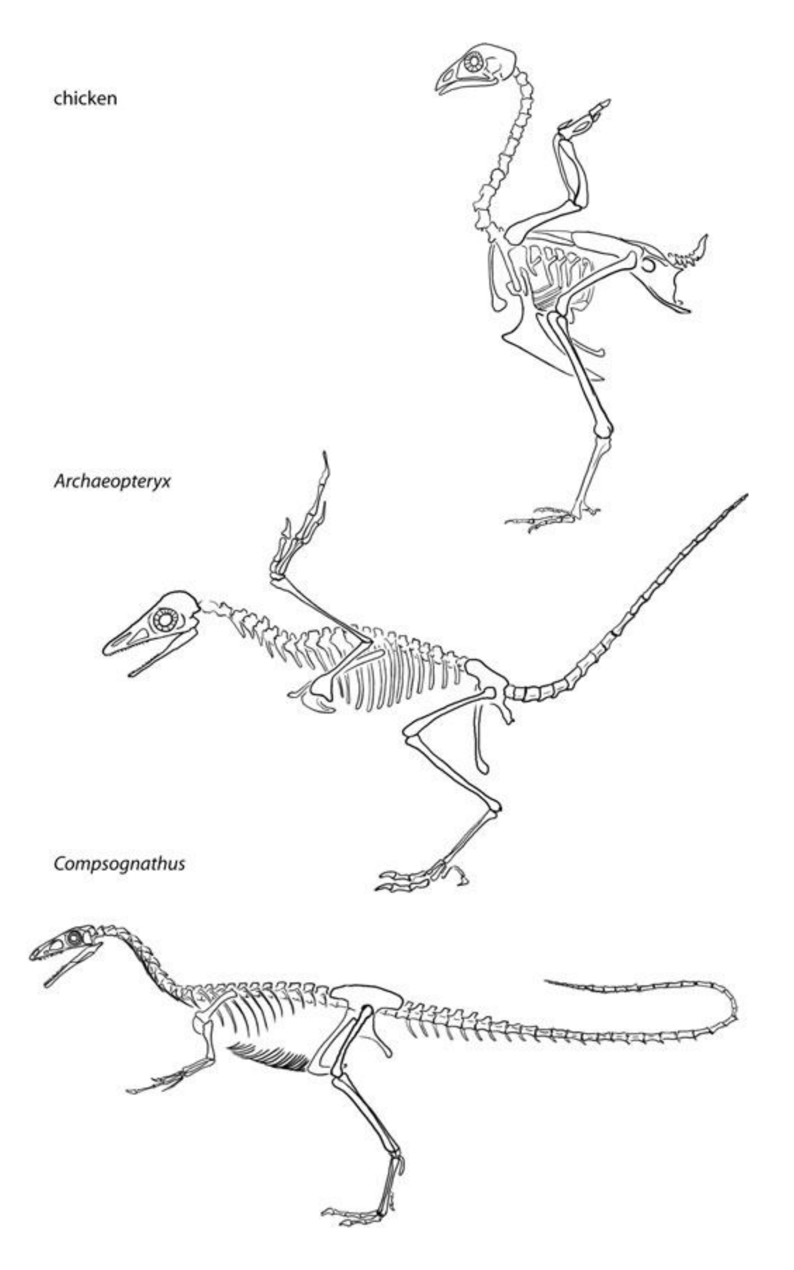
إلا أنك لو فكرت قليلاً بعد، فإنه ليس صعباً جداً اكتشاف مراحل وسطى في تطور الطيران، مراحل ربما كانت مفيدة لمتلكيها. إن التزلق الهوائي هو أول خطوة واضحة. وقد تطور التزلق الهوائي مراتٍ كثيرة كلٌ منها باستقلال: في بعض الثدييات المشيمية، والجِرابِيات، وحتى السحالي. تنزلق السناجب الطائرة على نحو جيد تماماً بامتدادت جلدية تمتد على جانبي الواحد منها. طريقة جيدة للانتقال من شجرة إلى أخرى للفرار من المفترسين أو إيجاد الجوز والبندق. وهناك حتى (ليمور أو هبَّار طائر) أكثر جدارة بالذكر، أو الـ **Colugo** الجنوب شرق آسيوي، الذي لديه غشاء مثير للإعجاب يمتد من الرأس إلى الذيل (انظر صورة ٩/٠). لقد شوهد أحد الـ **Colugo** ينزلق هوائياً لمسافة ٤٥٠ قدماً، وهو تقريباً طول ستة ملاعب لكرة المضرب. بينما خسر أربعين قدماً ارتفاعاً فحسب. ليس من الصعب تصور الخطوة التالية: رفرفة الأطراف المماثلة للكولوجية لإنتاج طيران حقيقي، كما نرى في الخفافيش. إلا أننا لسنا مضطرين إلى تخيل هذه الخطوة فحسب من بعد، إذ أننا اليوم لدينا المتحجرات التي تُظهِر بوضوح كيف تطورت الطيور الطائرة.

منذ القرن التاسع عشر، قاد التشابه بين الهياكل العظمية للطيور وبعض الديناصورات علماء المتحجرات إلى وضع نظرية أن لهما سلفاً مشتركاً. وخاصةً الـ **The Theropods** : وهو اسم يعني باللاتينية الرشيقة، ديناصورات لاحمة سارت على رجلين. منذ حوالي مئتي مليون سنة يُظهر السجل الأحفوري وفرة من

Theropods لكن لا شيء يبدو ولو حتى شبيهاً بالطير على نحو باهت. ومنذ نحو سبعين مليون سنة نرى متحجرات طيور تبدو حديثة بوضوح. إن كان التطور حقيقة، فإذن ينبغي أن نتوقع رؤية الانتقالة الزاحف طيرية في الصخور بين السبعين والمئتي مليون عام الماضية.

وهناك ثَمَّ هُمّ، إن الرابط الأول المكتشف بين الطيور والزواحف كان في الحقيقة معلوماً لتشارلز داروِن، الذي أشار إليه بدقة واختصار في طبعة متأخرة لأصل الأنواع، وكحادث فريد فحسب إذن وقتئذٍ. إنه لربما هو أشهر كل الأشكال الانتقالية: الطائر العتيق أو Archaeoeryx lithographica الذي بحجم الغراب، اكتُشِف في محجر للحجر الجيري بجرمانيا عام ١٨٦٠م. (الاسم أركيوبترِكس يعني باللاتينية الجناح العتيق، و lithographica تأتي من اسم محجر الحجر الجيري، المتجزع على نحو لطيف كفاية لعمل صفائح جيرية والاحتفاظ بانطباعات الريش الدقيقة). إن للأركيوبترِكس مجموعة الصفات التي سيتوقع المرء إيجادها في شكل انتقالي تماماً. ويعود عمره إلى حوالي ١٤٥ مليون سنة، متوضعاً حيث ستتوقع العثور عليه.

الأركيوبترِكس حقاً زاحف أكثر منه طائر. فهيكله العظمي متطابق تقريباً مع الذي لبعض الديناصورات الـ Theropods. في الحقيقة، فإن بعض علماء الأحياء القدماء الذين لم ينظروا إلى متحجرات الأركيوبترِكس ملياً كفاية فاتهم الريش، وأخطؤوا تصنيف الكائن كـ Theropods. (يُظهر الشكل التوضيحي ٩ أ التشابه بين النوعين). تتضمن الصفات الزاحفية فكاً ذا أسنان، وذيلاً عظمياً طويلاً، ومخالب، وأصابع منفصلة على الجناح (في الطيور الحديثة هذه العظام مندمجة، كما يمكنك رؤية ذلك بتفحص جناح دجاجة أو بطة مما نأكل)، ورقبة متصلة بالجمجمة من الخلف كما في الديناصورات بدلاً من الأسفل كما في الطيور الحديثة. عدد الصفات شبه الطيرية اثنتان فقط: ريش عريض وأصابع أقدام متلاقية، ربما استخدمت للجثوم. ما زال من غير الواضح ما إذا كان هذا الكائن_رغم تريشه تماماً_قد استطاع الطيران. لكن ريشه الغير متماثل_أحد جانبي الريشة أعرض من الآخر_يوحي بأنه قد استطاع. إن الريش الغير متماثل_مثله مثل أجنحة الطائرة_يصنع شكل كسوة الطيران الضرورية للطيران الديناميكي الهوائي. لكن حتى لو كان قد استطاع الطيران، فالأركيوبترِكس ديناصوري بالدرجة الأساسية. إنه أيضاً ما يدعوه علماء التطور (فسيفسائي): فبدلاً من امتلاك كل صفة تكون وسطاً بين التي للطيور والزواحف، فقد كان لدى الأركيوبترِكس مقدار قليل من الصفات الشبه طيرية تماماً، بينما معظم المقدار صفات زاحفية تماماً. (انظر مجموعة صور لمتحجرات شهيرة له في الملحق برقم ٩ب)



الشكل التوضيحي ٩ أ: هياكل عظمية لطائر حديث (دجاجة)، وأحد الأشكال الانتقالية (الأركيوبترِكس) ودايناصور رشيق Theropod لاحم منتصب القامة (Compsognathus) مشابهاً لأحد أسلاف الأركيوبترِكس. كان لدى الأركيوبترِكس قليل من صفات كالتي للطيور المعاصرة (ريش وأصابع أقدام متلاقية)، لكن هيكله مشابه جداً للذي للديناصورات، بما في ذلك أسنان وحوض وذيل عظمي طويل. كان الأركيوبترِكس بحجم الغراب تقريباً. أما Compsognathus فكان أكبر بمقدار ضئيل.

بعد اكتشاف الأركيوبتركس، لم يُعثَر لسنوات طوال على متوسطات زاحف طيرية أخرى، تاركاً فجوة واسعة بين الطيور وأسلافهم. ثم في منتصف التسعينيات من القرن العشرين، بدأ فيض من الاكتشافات المدهشة من الصين في سد الفجوة. هذه المتحجرات_معثوراً عليها في رواسب بحيرية تحفظ انطباع الأجزاء الرقيقة_تمثل استعراضاً حقيقياً للديناصورات الرشيقة **Theropods** المريشة. (٨) البعض منها كان لديه بنيوات شعيرية صغيرة جداً تغطي كل الجسد، ربما ريش مبكر. أحدهم هو الجدير بالملاحظة **Sinornithosaurus millenii** (تعني **Sinornithosaurus** الطائر السحلية الصيني)، والذي كان كل جسده مغطى بريش طويل رفيع، ريش صغير جداً بحيث لا يمكن بأية حال أن يكون قد ساعده على الطيران (الصورة ١٠ أ في ملحق الصور). وأصابع يديه وأسنانه وذيله العظمي الطويل تُظهِر بوضوح أن هذا الكائن كان بعيداً عن أن يكون طائراً حديثاً. (٩).

تُظهر ديناصورات أخرى ريشاً متوسط الحجم على الأطراف االأمامية والذيل أكثر شبهاً بالطيور الحديثة. الأكثر إدهاشاً بين الجميع هو **Microraptor gui**، "الديناصور رباعي الأجنحة". بخلاف أي طائر حديث، فهذا الكائن العجيب ذي طول الثلاثين بوصة كان لديه ذراعان ورجلان مريشتان تماماً (الصورة ١٠ ب)، والتي ربما كانت تُستعمل للتزلق الهوائي عندما تُنشَر. (١٠)

لم يكن لدى الديناصورات الرشيقة فحسب صفات بدائية شبه طيرية، فيبدو أنها حتى قد تصرفت بطرق شبه طيرية. وصف عالم الإحاثة والمتحجرات **Mark Norell** وفريقه متحجرتين تُظهران سلوكاً عتيقاً، ولو كان هناك على الإطلاق متحجرات يمكن وصفها بالمؤثِّرة فهما هاتان. أحدهما لديناصور صغير مريش نائماً ورأسه مغطى تحت ذراعه الشبيه بالجناح المطوي، بالضبط كما تنام الطيور الحديثة (الصورة ١١في ملحق الصور)، أُعطي الحيوان الاسم العلمي **Meilong** (بالصينية أي: التنين النائم تماماً)، ولابد أنه مات أثناء هجوعه. أما المتحجرة الأخرى فهي لأنثى ديناصور رشيق **Theropod** لاقت حتفها بينما تقبع في عشها المحتوي على اثنين وعشرين بيضة، سلوك فقس مماثل للذي للطيور.

إن كل متحجرات الديناصورات المريشة غير الطائرة تؤرخ ما بين ١٣٥ و١١٠ مليون عام ماضٍ، متأخرة عن الأركيوبتركس الذي يعود إلى ١٤٥ مليون عام ماضٍ. هذا يعني أنهم لا يمكن أن يكونوا أسلاف الأركيوبتركس، لكنهم قد يكونون أقاربه. ربما استمرت الديناصورات المريشة في الوجود بعد أن أدى أحد أنسبائهم إلى نشوء الطيور. ينبغي_إذن_أن نكون قادرين على إيجاد ديناصورات مريشة أقدم أيضاً كانت أسلاف الأركيوبتركس. المشكلة أن ذلك يُحفَظ في رواسب خاصة فقط: الطمي المتجزع برفق لبيئات هادئة كقيعان البحيرات أو

الأهوار. وهذه الظروف نادرة جداً. إلا أننا يمكننا عمل التنبؤ التطوري القابل للاختبار التالي: يوماً ما سوف نجد متحجرات لديناصورات مريشة أقدم من الأركيوبترِكس. [١١]

إننا لسنا متأكدين ما إذا كان الأركيوبترِكس هو النوع الوحيد الذي أدى إلى نشوء الطيور. ويبدو بعيد الاحتمال أنه هو "الرابط المفقود". لكن بغض النظر، فإنه واحد من سلسلة طويلة من المتحجرات (بعضهم اكتُشِف من قِبَل الجريء Paul Sereno) تُوثّق بجلاءٍ نشأة الطيور الحديثة. وكلما صارت هذه المتحجرات أحدث، نرى أن الذيل الزاحفي يتقلص، والأسنان تختفي، وتندمج الأصابع معاً، وتظهر عظمة الصدر العريضة لتثبيت عضلات الطيران.

رابطين الأشياء ببعضها، فإن المتحجرات تُظهر أن المخطط الهيكلي الأساسي للطيور، وذلك الريش الجوهري، قد تطورا قبل أن تستطيع الطيور الطيران. كان هناك الكثير من الديناصورات المريشة، وريشهم مرتبط بوضوح مع الذي للطيور الحديثة. لكن إذا لم يكن الريش قد نشأ كتكيف للطيران، فما الذي كان له على الأرض؟ مجدداً، إننا لا نعلم. ربما كان يستعمل للتزين أو الاستعراض، ربما لجذب العشراء. ويبدو رغم ذلك أكثر ترجيحاً أنهم قد استعملوا لعزل الحرارة. فبخلاف الزواحف الحديثة، ربما كانت الديناصورات الرشيقة حارة الدماء جزئياً، وحتى لو لم يكونوا فإن الريش كان سيساعد في الحفاظ على درجة حرارة الجسد. وما الذي تطور منه الريش هو سؤال أكثر غموضاً. التخمين الأفضل هو أنه قد نشأ من نفس الخلايا التي أنشأت حراشف الزواحف، لكن ليس كل العلماء متفقين على هذا التخمين.

رغم الأمور المجهولة، يمكننا عمل بعض التخمينات عن كيفية تشكيل الانتخاب الطبيعي للطيور الحديثة. لقد طورت الديناصورات اللاحمة المبكرة أطرافاً وأيدي أطول، والتي ربما ساعدتهم على الإمساك بالفريسة والتعامل معها. هذا النوع من الإمساك سيؤيد تطور العضلات التي ستنشر الطرفين الأماميين وتجذبهم إلى الجسد سريعاً: تماماً نفس الحركة المستعملة في السباحة الانحدارية في الطيران الحقيقي. ثم يتبعه الغطاء الريشي، ربما للعزل. مفترضين هذه الأفكار المبتكرة، فهناك على الأقل إذن سبيلان يمكن أن يكون الطيران قد تطور من أحدهما. الأول يدعى سيناريو "الهبوط من الأشجار". هناك أدلة على أن بعض الديناصورات الرشيقة **Theropods** عاشت جزئياً على الأشجار. كانت ستساعد الأطراف المريشة تلك الزواحف على التزلق الهوائي من شجرة إلى أخرى، أو من شجرة إلى الأرض، مما كان سيساعدهم على الهرب من المفترِسين، وإيجاد طعام بسهولة أكثر، أو تلطيف سقطاتهم.

سيناريو مختلف واكثر ترجيحاً، يُدعى نظرية "الارتفاع من الأرض"، التي ترى أن الطيران قد تطور نتيجة الجري والوثب بذراعين مفتوحتين الذي ربما قامت به الديناصورات المريشة للإمساك بفرائسها. ربما قد تطورت الأجنحة الأطول أيضاً كمساعِدات على الجري. طائر الحجلة **chukar partridge**، وهو طائر أحجل درسه **Kenneth Dial** بجامعة **University of Montana**، يمثل مثالاً حياً على هذه الخطوة. فطيور الحجلة هذه لا تطير أبداً تقريباً، ويرفرفون بأجنحتهم لمساعدتهم على الجري صُعُدَاً على نحو أساسي. الرفرفة لا تعطيهم فقط دفعاً إضافياً، بل أيضاً مقاومة أكثر ضد جاذبية الأرض. تستطيع أفراخه المولودة حديثاً الصعود على منحدرات بدرجة ٤٥ درجة، ويمكن لبالغيه صعود منحدرات بميل ١٤٥درجة، متدلين أكثر من كونهم عموديين! بمجرد الركض والرفرفة بأجنحتهم. الأفضلية الواضحة هي أن التسلق صعداً يساعد هذه الطيور على الهرب من المفترسين. الخطوة التالية في تطوير الطيران ستكون قفزات هوائية قصيرة جداً، كالتي يقوم بها الديك الرومي والسلوى هرباً من الخطر.

سواء في سيناريو (الهبوط من الأشجار) أم (الارتفاع عن الأرض)، كان يمكن للانتخاب الطبيعي البدء في تأييد الأفراد الذين استطاعوا الطيران أبعد، بدلاً من مجرد التزلق، أو القفز، أو الطيران لاندفاعات قصيرة. ثم ستأتي المبتكرات الأخرى التي تشترك فيها الطيور الحديثة، بما فيها العظام المجوفة لأجل الخفة، وعظمة الصدر العريضة تلك.

بينما قد نخمن بصدد التفاصيل، فإن وجود المتحجرات الانتقالية، وتطور الطيور من الزواحف هو حقيقة. تُظهر المتحجرات كالأركيوبتركس وأقاربه اللاحقين خليطاً من الصفات الشبه طيرية والزاحفية القديمة، وهم يظهرون في الوقت الصحيح في السجل الأحفوري: تنبأ العلماء أن الطيور قد تطورت من االديناصورات الرشيقة، وعلى نحو مؤكد كفاية وجدنا ديناصورات رشيقة ذوي ريش. إننا نرى تقدماً عبر الزمن من ديناصورات رشيقة مبكرة لديها أغطية للجسد رفيعة شعيرية إلى لاحقين ذوي ريش مميز، ربما كانوا متزلقين هوائيين ماهرين. ما نراه في تطور الطيور هو إعادة تشكيل لصفات قديمة (أطراف ذوات أصابع وشعيرات رفيعة على الجلد) إلى أخرى جديدة (أجنحة بلا أصابع وريش)، تماماً كما تتنبأ النظرية التطورية.

عودة إلى الماء: تطور الحيتان

اشتهر الخلقي الأمركي **Duane Gish** لأجل محاضراته النشيطة والشعبية (وإن تكن مضللة على نحو متطرف) المهاجمة للتطور. حضرت ذات مرة إلى إحداها، وخلالها سخر **Gish** من نظرية علماء الأحياء بأن الحيتان تحدرت من حيوانات برية ذوي صلة بالأبقار. وسأل كيف يمكن أن تحدث هذه الانتقالة، حيث أن الشكل الوسيط سيكون متكيفاً على نحو رديء لكل من البر والماء، وهكذا لا يمكن أن يُبْنى بالانتخاب الطبيعي؟ (هذا يماثل جدلية النصف جناح ضد تطور الطيور). لتوضيح قصده، عرض **Gish** شريحة صورة على الشاشة لحيوان كرتوني شبيه بعروس البحر نصفه الأمامي بقرة منقطة والخلفي سمكة. محير بجلاء بصدد مصيره التطوري، كان هذا الحيوان الكرتوني رديء التكيف على نحو جلي يقف على حافة الماء، فيما حامت علامة استفهام كبيرة فوق رأسه. كان للكرتون التأثير المطلوب: اندفع الجمهور في الضحك، وفكروا كم هم أغبياء علماء الأحياء التطورية.

في الواقع، فإن "البقرة–عروس البحر" الكرتونية هي مثال مضحك لشكل انتقالي بين الثدييات البرية والبحرية، "إخفاق ثديي" حسبما دعاه **Gish**، لكن فلننسَ الأضحوكات والخطابة، وننظر إلى الطبيعة. هل نستطيع أن نجد أي ثديي يعيش على كلٍ من البر والماء، نوع الكائن الذي يُفترض أنه لم يستطع التطور؟

بسهولة، فإن فرس أو جاموس النهر مرشح جيد، الذي رغم صلته الوثيقة بالثدييات البرية، يمكنه أن يصير مائياً مثلما هو بري تقريباً. هناك نوعان: جاموس النهر القزم، وجاموس النهر "القياسي"، الذي اسمه العلمي على نحو ملائم **Hippopotamus amphibious** جاموس النهر البرمائي. تقضي جواميس النهر معظم وقتها غاطسة في الأنهار والمستنقعات الاستوائية، ماسحين مجالهم بعيون وأنوف وآذان متموضعة أعلى رؤوسهم، كل منها يمكنه الانغلاق بإحكام تحت الماء. تتزاوج جواميس النهر في الماء، وأطفالهم الرضع_الذين يقدرون على السباحة قبل أن يقدروا على المشي_يولَدون ويرضعون تحت الماء. ولأنهم مائيون في الغالب عليهم، فإن لجواميس النهر تكيفات خاصة للصعود على الشاطئ للرعي: فهم عادة يرعون ليلاً، و_لأنهم عرضة لحروق الشمس_يفرزون سائلاً زيتياً أحمر يحتوي على صبغ، حمض عَرَقي جاموسنهري، يعمل كعازل للشمس وربما كمضاد حيوي. هذا ما أدى إلى نشوء أسطورة أن جواميس النهر يعرقون دماً. جواميس النهر متكيفون جيداً على نحو واضح مع بيئتهم، وليس من الصعب رؤية أنهم لو وجدوا طعاماً كافياً في الماء، لكانوا تطوروا آخر الأمر إلى مائيين بالكامل، إلى كائنات شبيهة بالحيتان.

إلا أننا لسنا مضطرين إلى مجرد تخيل كيفية تطور الحيتان بالاستقراء من كائنات حية. فقد صادف أن للحيتان سجلاً أحفورياً ممتازاً، متوافقاً مع عاداتهم المائية وعظامهم القوية سهلة التحجر. وقد بزغت معرفة كيفية تطورهم خلال العشرين سنة الأخيرة فقط. هذا واحد من أفضل أمثلتنا على الانتقال التطوري، حيث لدينا سلسلة مرتبة زمنياً من المتحجرات، ربما خط تحدر من الأسلاف والمتحدرين، يُظهِر تحركهم من البر إلى الماء.

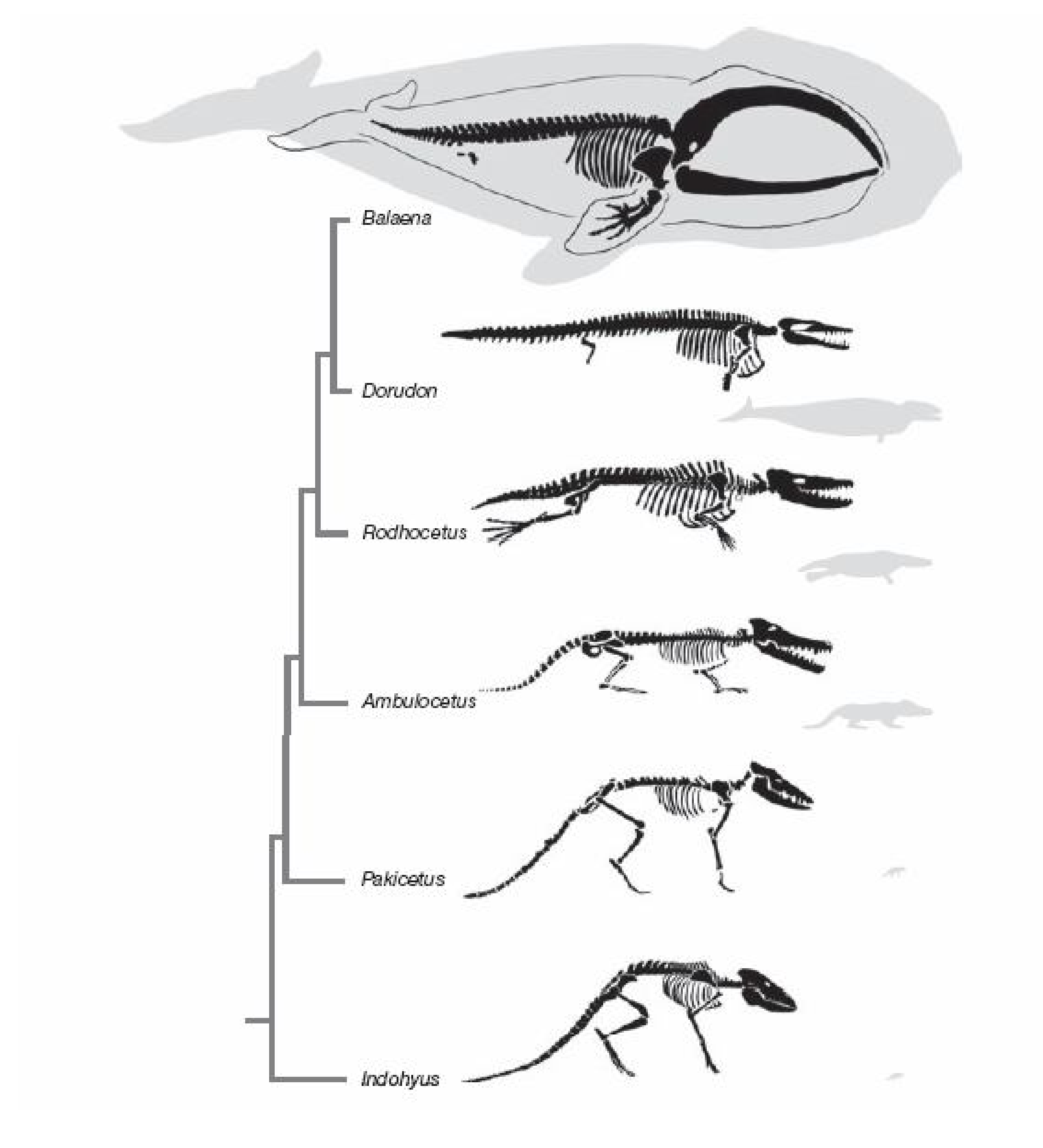
لقد أُدرِك منذ القرن السابع عشر أن الحيتان وأقاربهم: الدلافين وحيتان خنازير البحر ثدييات. وأنهم حارو الدماء، وينجبون أطفالاً أحياء يضرعونهم الحليب، ولهم شعر حول منخري الواحد منهم. والأدلة من الحمض النووي للحيتان، وكذلك التراكيب الأثرية اللاوظيفية كالحوض والرجلين تُظهر أن أسلافهم عاشوا على البر. تطورت الحيتان على نحو مؤكد تقريباً من نوعٍ من شفعيات الأصابع: مجموعة الثدييات التي لها عدد فردي من الأظلاف، كالجمال والخنازير. [١٢]

يعتقد علماء الأحياء اليوم أن أوثق الكائنات الحية قرابة إلى الحيتان هم_ولعلك خمنتَ هذا_جواميس النهر، لذا ربما سيناريو جاموس النهر إلى الحوت ليس متكلفاً جداً برغم كل شيء.

إلا أن للحيتان صفاتهم الخاصة الفريدة التي تجعلهم ملحوظين أكثر من أقاربهم البريين. هذا يتضمن غياب الرجليين الخلفيتين، والطرفين الأماميين المشكلين كالمجدافين، والذيل المسطح الشبيه بشعبة المرساة، وفتحة نفخ (فتحة أنف أعلى الرأس)، ورقبة قصيرة، وأسنان مخروطية بسيطة (مختلفة عن الأسنان المعقدة والمتعددة الأنياب للثدييات البرية)، وصفات خاصة للأذنين تمكنهم من السماع تحت الماء، ونتوآت قوية على أعلى العمود الفقري لتثبيت عضلات السباحة القوية للذيل. بفضل سلسلة مدهشة من المتحجرات وُجِدَت في الشرق الأوسط، يمكننا تتبع كل واحدة من هذه الصفات_عدا الذيل غير العظمي الذي لا يتحجر_من شكل بري إلى شكل مائي.

منذ ستين مليون عام ماضٍ هناك وفرة من متحجرات الثدييات، لكن لا متحجرات حيتان. تظهر الكائنات الشبيهة بالحيتان الحديثة بعد ثلاثين مليون عام لاحقة. ينبغي أن نكون قادرين_من ثم_على العثور على أشكال انتقالية خلال هذه الفجوة. ومرة أخرى، هذا بالضبط حيث يوجدون.

يُظهر الشكل التوضيحي ١٢، في ترتيب زمني، بعض المتحجرات المتضمنة في هذه الانتقالة، تشغل الحقبة ما بين الـ٥٢ و٤٠ مليون عام ماضٍ.



شكل توضحي ١٢: أشكال انتقالية في تطور الحيتان الحديثة من السلف شفعي الأظلاف **Indohyus** إلى الحوت صفائحي الأسنان الحديث **Balaena** ذي الحوض والطرفين الخلفيين الأثريين، بينما الأشكال الأخرى هي متحجرات انتقالية. تظهر الأحجام النسبية للحيوانات في التظليل الرمادي.

ليس هناك حاجة لوصف هذه الانتقالة بالتفاصيل، إذ يتحدث الشكل التوضيحي المرسوم بوضوح_إن لا يكن على نحو صارخ_عن كيفية لجوء حيوان عائش فوق البر إلى الماء. تبدأ السلسلة بمتحجرة مكتشفة حديثاً

لقريب وثيق الصلة إلى الحيتان، حيوان بحجم الشره (الراكون) يدعى **Indohyus** . عاش منذ ٤٨ مليون عام، وقد كان **Indohyus** لديه الصفات الخاصة للأذنين والأسنان التي تُرى فقط في الحيتان الحديثة وأسلافهم المائيين. رغم أن **Indohyus** يظهر متأخراً قليلاً عن الأسلاف المائية الضخمة للحيتان، فإنه ربما كان قريباً للغاية مما كان يبدو عليه سلف الحيتان. وقد كان مائياً جزئياً على الأقل. نعلم هذا لأن عظامه كانت أكثر كثافة من التي للثدييات البرية تماماً، التي تحول دون تمايل الكائن يمنى ويسرى في الماء، ولأن النظائر الذرية المستخلصة من الأسنان تُظهر أنه امتص وفرة من الأكسجين من الماء، فربما خاض في الأنهار أو البحيرات الضحلة للرعي على النباتات أو الهرب من أعدائه، بصورة مشابهة للغاية لما يفعل اليوم حيوان مشابه، الـ **Chevrotain** المائي الإفريقي. [(١٣)] ربما وضعت هذه الحياة التي جزء منها في الماء أسلافَ الحيتان على طريق صيرورتهم مائيين على نحو كامل.

لم يكن **Indohyus** سلفاً للحيتان، إلا أنه كان على نحو مؤكد تقريباً قريبهم. لكن لو وعدنا في الزمن أربعة ملايين سنة أخرى، إلى ٥٢ مليون سنة ماضية، نرى ما لعله ذلك السلف تماماً. إنها متحجرة جمجمة من كائن بحجم الثعلب يُدعى **Pakicetus**، الذي كان أشبه بالحوت أكثر بقليل جداً من **Indohyus**، لديه أسنان أكثر بساطة وأذنين أشبه بالحيتان أكثر. لا زال الـ **Pakicetus** لا يبدو شبيهاً في شيء للحيتان الحديثة، لذا فلو كنت في الجوار آنذاك لرؤيته لما كنت ستحدس أنه أو أحد أقاربه الوثيقين سيؤدي إلى نشوء تشعب تطوري درامي. ثم يتلو ذلك_في تتابع سريع_سلسلة من المتحجرات اللاتي تصير أكثر فأكثر مائية مع الزمن. عند خمسين مليون سنة ماضية كان هناك الـ **Ambulocetus** الجدير بالملاحظة (يعني اسمه باللاتينية الحوت السائر)، ذو جمجمة ممتدة وأطراف ناقصة لكن لا تزال قوية، أطراف تنتهي بأظلاف تشي بسلفيتها. ربما قضى معظم وقته في الماء الضحل، وتهادى على نحو أخرق على البر، على نحو شديد الشبه بالفقمة. أما **Rodhocetus** منذ ٤٧ مليون عام ماضٍ فكان مائياً بدرجة أكبر. تحرك منخراه إلى حد ما إلى الخلف، وكان له جمجمة أكثر امتداداً، مع امتدادات قوية على العمود الظهري لتثبيت عضلات ذيله، لابد أنه كان سابحاً ماهراً، لكنه كان معاقاً على البر بسبب حوضه وطرفيه الخلفيين الصغار. قضى الكائن بالتأكيد معظم إن لم يكن كل وقته في البحر. آخراً عند أربعين مليون سنة ماضية، نجد متحجرات الـ **Basilosaurus and Dorudon**، وهي ثدييات مائية على نحو كامل بوضوح ذوي رقاب قصيرة ومنخرين أعلى الجمجمة. لا يمكن أن يكونوا قد قضوا أي وقت على البر، لأن أحواضهم وأرجلهم الخلفية كانت ضامرة (كان لـ **Dorudon** ذي طول الخمسين قدماً رجلان طول الواحدة منهما قدمان فقط) وكانت غير مرتبطة ببقية الهيكل العظمي.

لقد كان تطور الحيتان من حيوانات برية سريعاً على نحو ملحوظ: معظم التغير حدث خلال عشرة ملايين سنة فقط. هذا ليس أكثر بكثير من الوقت الذي استغرقناه للانفصال عن سلفنا المشترك مع الشمبانزي، وهي انتقالة تضمنت تعديلاً أقل بكثير للجسد. بهدوء وثبات، لم يتطلب التكيف للحياة في البحر تطور أية صفات جديدة كأنها علامة تجارية، بل فقط تعديلات على القديمة.

لكن لماذا تعود بعض الحيوانات إلى الماء على نحو عام؟ مع أن منذ ملايين السنوات الأسبق غزا أسلافهم البر. إننا لسنا متأكدين لماذا كانت هناك هجرة عكسية، إلا أن هناك أفكاراً عديدة. إحدى الاحتمالات تتضمن اختفاء الديناصورات إلى جانب أقاربهم المائيين المفترِسين، mosasaurs, ichthyosaurs, and plesiosaurs آكلي السمك. هذه الكائنات لم تكن ستتنافس فقط مع الثدييات المائية على الطعام، بل ربما جعلت منهم وجبة. مع انقراض منافسيهم، ربما وجد أسلاف الحيتان كوة مفتوحة، خالية من المفترسين وغنية بالطعام. كان البحرمستعداً للاجتياح. كل منافعه كانت على بُعد طفرات وراثية قليلة.

ما الذي تقوله المتحجرات

إن تكن عند هذه النقطة شاعراً بالربكة مع المتحجرات، فكن متعزياً بأني أهملتُ المئات من الأخرى التي تُظهر أيضاً التطور. فهناك انتقالة بين الزواحف والثدييات، موثقة بإسهاب للغاية مع "الثدييات شبيهة الزواحف" الوسيطة التي هي مادة العديد من الكتب. ثم هناك الأحصنة كشجيرة تطورية متفرعة أدت من سلف صغير خماسي الأظلاف إلى النوع ذي الحوافر الفخيم للعصر الحالي (صورة ١٢ب). وبالتأكيد هناك سجل أحفوري بشري، وصفناه في الفصل الثامن. بالتأكيد أفضل مثال على تحقيق تنبؤ تطوري.

خشية الإطناب سأشير فقط على نحو مختصر إلى القليل من الأشكال الانتقالية الهامة الأخرى. الأول هو حشرة. لقد افترض علماء الحشرات منذ زمن طويل من التشابهات التشريحية أن النمل قد تطور عن زنابير غير اجتماعية. في عام ١٩٦١ عثر E.o.Wilson وزملاؤه على "نملة انتقالية"، محفوظة في الكهرمان، تحمل بالضبط تقريباً مجموعة الصفات شبه النملية وشبه الزنبورية التي تنبأ بها علماء الحشرات. (شكل توضيحي وصورة برقم ١٣ في ملحق الصور).

على نحو مماثل، افتُرِض منذ زمن طويل أن الثعابين قد تطورت من زواحف شبيهة بالسحالي فقدت أرجلها، حيث أن الزواحف ذوات الأرجل تظهر في السجل الأحفوري قبل الثعابين تماماً. في عام ٢٠٠٦ عثر علماء متحجرات منقبين في Patagonia على متحجرة لأقدم ثعبان معروف، يعود إلى تسعين مليون سنة. تماماً كما قد تُنبِأ، كان لديه حزام حوضي ضئيل ورجلين خلفيتين ضامرتين. (صورة ١٣ب في ملحق الصور)

وربما أكثر اكتشاف مثير من بين الجميع هو متحجرة عمرها ٥٣٠ مليون عام من الصين تدعى Haikouella lanceolata، تشبه سمكة أنقليس ذات زعنفة ظهرية مشرشبة. ولها أيضاً رأس ومخ وقلب وعمود غضروفي على طول الظهر: الحبل الشوكي. هذا يعينها ربما كأقدم حبلي، المجموعة التي أدت إلى نشوء كل الفقاريات أو الحبليات، بما في ذلك نحن. ربما يكمن في هذا الكائن المعقد ذي طول البوصة الواحدة جذور تطورنا.

يُعلِّمنا سجل الأحافير ثلاثة أشياء. أولاً، إنه يتحدث بصوت عالٍ وعلى نحو بليغ عن التطور. يؤكد السجل في الصخور تنبؤات عديدة لنظرية التطور: التغير التدرجي خلال خطوط التحدر (الذُريَّات)، وانشقاق خطوط التحدر، ووجود أشكال انتقالية بين كل نوعين مختلفين من الكائنات. ليس هناك من سبيل لتجنب لهذه الأدلة، ولا إقصائها، التطور قد حدث، وفي حالات كثيرة نرى كيف.

ثانياً، عندما نجد أشكالاً انتقالية، فهي تظهر في السجل الأحفوري تماماً حيث ينبغي أن تكون. أقدم الطيور تظهر بعد الديناصورات لكن قبل الطيور الحديثة. نرى حيتاناً سلفية تسد الفجوة بين أسلافهم عديمي الخبرة بالسباحة والحيتان الحديثة تماماً. إن لا يكن التطور حقيقة، لما ظهرت المتحجرات في ترتيب له منطق تطوري. مسؤولاً ما هي الملاحظة الممكن تصورها تدحض التطور، تذمر عالم الأحياء سريع الغضب J. B. S. Haldane حسبما يُقال مجيباً: *"متحجرات أرانب في العصر الكامبريّ!"* (العصر الجيولوجي الذي انتهى عند ٥٤٢ مليون عام ماضٍ). ليس هناك من حاجةٍ للقول، لم يُعثَر قط على أرانب قبل كامبرية أو أي متحجرات أخرى منطوية على مفارقة تاريخية.

آخراً، فإن التغير التطوري_حتى من النوع الكبير_يتضمن دوماً تقريباً إعادة تشكيل القديم إلى الجديد. فأرجل الحيوانات البرية هي تغييرات على الأطراف القوية للسمك السلفي. عظام الأذن الوسطى الصغيرة للثدييات هي إعادة تشكيل لعظام الفك لأسلافهم الزاحفيين. أجنحة الطيور معدلة عن أرجل الديناصورات. والحيتان هي حيوانات برية ممطوطة صارت أطرافها مجاديف وتحركت مناخيرها إلى أعلى الرأس.

ليس هناك سبب لكي يقوم مصمم سماوي بتشكيل الكائنات من نقطة انطلاق، مثل مهندس معماري يصمم مباني، وينبغي عليه عمل نوع جديد بإعادة تشكيل ملامح الموجودة، كل نوع كان يمكن أن يُبنى من المرتبة الدنيا إلى العليا. لكن الانتخاب الطبيعي يمكنه فقط العمل بتغيير ما هو موجود فعلياً. فهو لا يمكنه إنتاج صفات جديدة من العدم: تتنبأ نظرية التطور_إذن_أن الأنواع الجديدة سوف تكون نسخاً معدلة من القديمة. يؤكد السجل الأحفوري بإسهاب هذا التنبؤ.

الفصل الثالث

الآثار: الأعضاء الأثرية والأجنة والتصميمات الرديئة والجينات الميتة

"لا شيء في علم الأحياء يكون له معنى منطقي إلا في ضوء التطور"

Theodosius Dobzhansky

في أوربا القرون الوسطى، قبل أن يكون هناك ورق، كانت تصنع المخطوطات بالكتابة على الرقاق والرقاع، صفحات من جلد الحيوان المجفف. ولأن إنتاجها كان صعباً، أعاد كثير من كتبة القرون الوسطى ببساطة استعمال الكتب القديمة بكشط الكلمات القديمة والكتابة على الصفحات النظيفة من جديد. هذه المخطوطات المعاد تدويرها تُدعى في الإنجليزية **Palimpsests** من الكلمة اليونانية **Palimpsestos** أي "مكشوطة مجدداً".

غالباً، رغم ذلك، بقيت آثار رقيقة من الكتابة الأقدم. هذا تكشف عن دور هام في فهمنا للعالم القديم. فكثير من النصوص العتيقة في الحقيقة معروفٌ لنا فقط بالتحديق أسفل طبقة الكتابة الفوقية لتغطية الكلمات الأصلية. ربما أشهر هؤلاء هي مخطوطة أرخميدس، كُتِبَت أولاً في القسطنطينية في القرن العاشر الميلادي ثم استُنظِفت وُكتِب فوقها بعد ثلاثة قرون لاحقة كتاب صلاة من قِبَل كاهن. في عام ١٩٠٦ تعرف عالم كلاسيكيات دنماركي على النص الأصلي لأرخميدس. منذ ذلك الحين، استُعملت مجموعة من أشعة **X** ، وإدراك ألفبائي بصري، ووسائل معقدة أخرى لكشف النص الأصلي التحتي. أنتج هذا العمل المضني ثلاثة أبحاث رياضية لأرخميدس مكتوبة في اليونانية العتيقة. اثنان منهم كانا مجهولين سابقاً وهامان على نحو ماس في تاريخ العلم. بمثل هذه الوسائل الملغزة نسترجع الماضي.

كمثل هذه النصوص القديمة، الكائنات مخطوطات تاريخية معاد كشطها، التاريخ التطوري. فضمن أجساد الحيوانات والنباتات توجد مفاتيح لأصلها السلفي، مفاتيح هي شهادة على التطور، وهي كثيرة. خُفِيَت هاهنا سمات خاصة "أعضاء أثرية"، التي يكون لها منطق فقط كبقايا سمات كانت قديماً مفيدة في سلف. ونجد أحياناً "تأسل" أي عودة إلى صفات الأسلاف تَنتج بالانبعاث المُجَدَّد العَرَضيّ لجينات سلفية أُسكِتَتْ منذ زمن بعيد. اليوم لأننا يمكننا قراءة تسلسلات الحمض النووي مباشرة، نجد أن الأنواع هي أيضاً مخطوطات تاريخية أحيائي جزيئية معاد كشطها: ففي جينوماتها (مجاينها) كُتِب الكثير من تاريخهم التطوري، متضمناً حطام الجينات التي كانت مفيدة قديماً. ما هو فوق هذا، أنه في تطورهم من أجنة، الكثير من الأنواع تمر بتحويرات غريبة للشكل: أعضاء وسمات أخرى تظهر، ثم تتغير بطريقة درامية أو حتى تختفي تماماً قبل الولادة. والأنواع ليست بذلك التصميم الجيد تماماً، فأيضاً يُظهر الكثير منهم عيوباً هي علامات ليس على مهندس سماوي، بل على التطور.

دعا Stephen Jay Gould هذه المخطوطات الحيوية معادة الكتابة عليها بـ "العلامات الخالية من المعنى للتاريخ". لكنهم ليسوا بلا معنى في الحقيقة، إذ أنهم يؤلفون بعض أقوى الأدلة على التطور.

الأعضاء الأثرية

عندما كنت طالباً متخرجاً في Boston، كنت متطوعاً لمساعدة عالم متقاعد قد كتب ورقة عما إذا كان أكثر فعالية للحيوانات حارة الدماء أن تسير على رجلين أم أربعة. اعتزم على إرسال الورقة إلى دورية الطبيعة Nature، إحدى أكثر الدوريات العلمية مهابة، وسألني أن أساعده على أخذ صورة أخاذة كفاية لوضعها على غلاف الدورية ولجذب الانتباه إلى عمله. متحمساً للخروج من المعمل، قضيت عصراً كاملاً طارداً حصاناً ونعامة حول حظيرة، آملاً الحصول عليهما جاريين جوار بعضهما، مظهراً أسلوبَيْ الركض في صورة واحدة. غني عن القول أن الحيوانين رفضا التعاون، و_كون كليهما قد أُنهِك_أقلعنا عن الأمر في النهاية، رغم أننا لم نحصل على الصورة قط.[١٤] لقد علمتني الخبرة درساً بيولوجياً: أن النعام لا يقدر على الطيران، لكن لا يزال يقدر على استعمال جناحيه. فعندما يجري يستخدم جناحيه للتوازن، ناشراً إياهما على الجانبين لحفظه من الانقلاب. وعندما تصير نعامة مستثارة_كما حاولت أن تفعل عندما طاردتها حول حظيرة_تجري اتجاهك مباشرة، ناشرة جناحيها في استعراض مهدد. هذه إشارة للابتعاد عن الطريق، لأن النعامة المستاءة يمكنها بسهولة نزع أحشائك بركلة سريعة واحدة. يستخدمون أجنحتهم أيضاً في استعراضات التزاوج[١٥]، وينشرونها لتظليل أفراخهم من الشمس

الإفريقية القاسية. الدرس_مع ذلك_يصير أعمق. إن جناحي النعامة هما صفة أثرية: سمة لنوع كانت تكيفاً في أسلافه، لكنها إما فقدت فائدتها على نحو كامل أو_كما في النعام_اكتسبت استعمالات جديدة. ككل الطيور غير الطائرة، ينحدر النعام من أسلاف طائرين. نعلم هذا من كلٍ من الدليل الأحفوري ومن نمط السلفية الذي تحمله الطيور غير الطائرة في حمضها النووي. إلا أن الأجنحة_رغم أنها لا تزال موجودة_لم تعد تقدر على مساعدة الطائر في الطيران إلى علف أو الهرب من المفترِسين أو الطلاب المتخرجين المزعِجين. ومع ذلك فالأجنحة ليست غير مفيدة، فقد طورت وظائف جديدة. فهي تساعد الطائر في الحفاظ على التوازن، والتزاوج، وتهديد أعدائه.

النعام الإفريقي ليس الطائر غير الطائر الوحيد. فبجوار طائفة مسطحات الصدر (مجموعة طيور غير طائرة ذوو عظم صدر مسطح بلا بروز للقص_المترجم): الطيور غير الطائرة التي تتضمن الريَة الجنوب إفريقي والإيمو الأسترالي والكيوي الأسترالي، هناك دستات من أنواع الطيور الأخرى التي فقدت على نحو مستقل القدرة على الطيران. هؤلاء يتضمنون الـ **rais**، والطيور الغواصة، والبط، وبالتأكيد البطريق. ربما الأكثر غرابة هو الكاكابو **Kakpo** النيوزيلندي، ببغاء بدين غير طائر يعيش بشكل رئيسي على الأرض لكن يمكنه أيضاً تسلق الأشجار والهبوط بلطف إلى أرض الغابة. إن الكاكابو عرضة لخطر الانقراض على نحو خطر: أقل من مئة لا زالوا يوجدون في البرية. بسبب عدم قدرتهم على الطيران، هم فريسة سهلة للمفترِسين المجلوبين إلى البيئة كالقطط والفئران.

كل الطيور غير الطائرة لديها أجنحة، في بعضها_كالكيوي_تكون الأجنحة صغيرة جداً، فقط بضع بوصات طولاً ومدفونة تحت ريشهم، إلى حد أنه لا يبدو أن لها أية وظيفة. هم فقط بقايا. في آخرين_كما رأينا مع النعام_الأجنحة لها استعمالات جديدة. في البطاريق تطورت الأجنحة السلفية إلى زعانف، تُمكِّن الطائر من السباحة تحت الماء بسرعة مدهشة. ومع ذلك كلهم لديهم نفس العظام بالضبط التي نراها في أجنحة الأنواع التي تستطيع الطيران. ذلك لأن أجنحة الطيور غير الطائرة ليست مُنتَج تصميم مُتعَمَّد (لماذا سيستخدم خالقٌ نفس العظام بالضبط في الأجنحة الطائرة وغير الطائرة، بما في ذلك أجنحة البطاريق السابحة؟)، بل منتج التطور من أسلاف طائرين.

دائماً ما يقول معارضو التطور نفس الجدلية عندما يُستشهد بالسمات الأثرية كدليل على التطور، يقولون: "السمات ليست بلا فائدة، فهم إما مفيدون لشيء ما، أو إننا لم نكتشف بعدُ لأجلِ ماذا هي." هم يدعون_بعبارة أخرى_أن السمة لا يمكن أن تكون أثرية إن كانت لا يزال لها وظيفة، أو وظيفة لم تُكتشَف بعد.

لكن هذا الجواب يفتقد غرضه. فالنظرية التطورية لا تقول أن الخصائص الأثرية ليس لها وظيفة بالضرورة. فيمكن لصفة أن تكون أثرية ووظيفية في نفس الوقت. إنها أثرية ليس لأنها لا وظيفية، بل لأنها لم تعد تقوم بالوظيفة التي تطورت لأجلها. فجناحا النعامة مفيدان، لكن هذا لا يعني أنهما لا تقولان شيئاً عن التطور. ألن يكون غريباً لو ساعد خالقٌ النعامَ على موازنة أنفسهم بإعطائهم لواحق يصادف تمامً أن تبدو مثل الأجنحة الضامرة، ومبنية بنفس الطريقة بالضبط التي للأجنحة المستخدمة للطيران؟

في الواقع نحن نتوقع أن الصفات السلفية سوف تطور استعمالات جديدة، هذا هو ما حدث تماماً عندما بنى التطور صفات جديدة من القديمة. لاحظ داروِن نفسه أن: *"عضوٌ يُجعَل_خلال عادات الحياة المتغيرة_لا وظيفياً أو مؤذياً لأحد الأغراض، يمكن بسهولة أن يُعدَّل ويُستخدَم لغاية أخرى."*

لكن حتى عندما نحدد أن صفة هي أثرية، لا تنتهي الأسئلة. ففي أي أسلافٍ كانت وظيفية؟ ما الذي كانت تُستعمَل له؟ لماذا فقدت وظيفتها؟ لماذا ما زالت موجودة بدلاً من الاختفاء على نحو كامل؟ وأي وظائف جديدة_إن يكن هناك أيٌ منها_قد طورتها؟

فلنتناول الأجنحة مجدداً. على نحو واضح، هناك أفضليات كثيرة لامتلاك جناحين، أفضليات تشاركتها الأسلاف الطائرة للطيور غير الطائرة. وبالتالي لماذا فقدت بعض الأنواع قدرتها على الطيران؟ إننا لسنا متأكدين على نحو جازم، إلا أن لدينا بعض المفاتيح القوية. فمعظم الطيور التي طورت عدم الطيران عملت ذلك على جزر: الدودو المنقرض على جزيرة **Mauritius**، الـ **rail** الهاوييّ، الكاكابو والكيوي في نيوزيلاند، والكثير من الطيور غير الطائرة تُسمى بأسماء بعد أسماء الجزر التي تسكن فيها: **(the Samoan wood rail, the Gough island moorhen, the Auckland Island teal**، وهلم جراً). كما سنرى في الفصل القدام، أحد السمات الملاحظة للجزر البعيدة افتقارها للثدييات والزواحف، الأنواع التي تفترس الطيور. لكن ماذا عن مسطحات الصدر التي تعيش على القارت، كالنعام والإيمو؟ كلُ من هذين قد تطور في نصف الكرة الجنوبي حيث هناك مفترسون ثدييون أقل بكثير مما في الشمال.

إن خلاصة الموضوع هي هذا: الطيران مكلف أيضياً، يستنفد وفرة من الطاقة يمكن بدلاً من ذلك أن تُحوَّل إلى التكاثر. إن كنت تطير على نحو أساسي للابتعاد عن المفترِسين، لكن المفترسين غالباً مفتقدون في الجزر، أو الطعام منال بسهولة على الأرض، كما يمكن أن يكون على الجزر (والتي غالباً ما تفتقر إلى الأشجار الكثيرة)،

من ثم لماذا تحتاج أجنحة وظيفية بالكامل؟ في وضع كهذا، الطيور ذوات الأجنحة الضامرة لها أفضلية تكاثرية، ويمكن للانتخاب الطبيعي أن يؤيد عدم الطيران أيضاً بضمورها. في كلتا الحالتين، سيؤيد الانتخاب مباشرةً الطفرات التي تؤدي إلى أجنحة أصغر تدريجياً، مؤدياً إلى عدم القدرة على الطيران.

إذن لماذا لم يختفوا على نحو كامل؟ في بعض الحالات هم تقريباً لديهم: جناحا الكيوي هما نتوآت لاوظيفيان، لكن عندما يقوم الجناحان باستعمالات جديدة_كما في النعام_سيُبقي الانتخاب الطبيعي عليهما. برغم أنهما في شكل لا يُمكِّن من الطيران. في أنواع أخرى، ربما تكون الأجنحة في عملية الاختفاء، ونحن ببساطة في وسط هذه العملية.

العيون الأثرية شائعة أيضاً، فالعديد من الحيوانات، بما في ذلك الحفارون وقاطنو الكهوف، تعيش في ظلام تام، لكننا نعلم من بناء الأشجار التطورية أنهم انحدروا من أنواع عاشت فوق الأرض وكان لها عيون وظيفية. كالأجنحة، العينان عبء عندما لا تحتاجهما. فهما يستهلكان طاقة للبناء، ويمكن أن يُجرَحوا بسهولة. بالتالي فإن أي طفرات تؤيد فقدانها ستكون مفيدة بجلاءٍ عندما يكون هناك ظلام لا يُمكِّن من الرؤية تماماً. بشكل اختياري، يمكن أن تتراكم الطفرات الوراثية المقللة للرؤية طالما أنها لا تساعد ولا تؤذي الحيوان.

تماماً مثل الفقدان التطوري للعيون الذي حدث في أسلاف الجرذ الخلدي الأعمى في منطقة شرق البحر المتوسط، وهو قارض طويل إسطواني ذو أرجل قصيرة غليظة، يشبه قطعة سجق مكسوة بالفرو ذات فم صغير. يقضي هذا الكائن كل حياته تحت الأرض. ومع ذلك فلا يزال يحتفظ بأثر عين، عضو صغير قطره مليمتر واحد فقط ومخبأ بالكامل تحت طبقة حامية من الجلد. لا يمكن أن تصنع العين المتبقية صوراً. يخبرنا الدليل الجزيئي أن منذ حوالي ٢٥ مليون سنة ماضية، تطورت الجرذان الخلدية العمياء من قوارض مبصرة، وعيونهم الضامرة تشهد على هذه السلفية. لكن لماذا تبقى هذه البقايا على العموم؟ تُظهر الدراسات المعاصرة أنها تحتوي على صبغيات رؤية حساسة لمستويات منخفضة من الضوء، وتساعد على تنظيم إيقاع نشاط الحيوان اليومي. هذه الوظيفة المتبقية، مقادة بكميات ضئيلة من الضوء النافذ إلى تحت الأرض، يمكنها تفسير استمرار العيون الأثرية. (انظر صورة ١٤أ)

أما الخِلدان الحقيقية، التي ليست قوارض بل ثدييات آكلو حشرات، قد فقدت على نحو مستقل عيونها، محتفظة بعضو أثري مغطى بالجلد فقط. يمكنك رؤيته بدفع الفرو الذي على رأسه جانباً.

على نحو مماثل، في بعض الثعابين الحفارة تكون العيون مخبأة على نحو كامل تحت الحراشف. الكثير من حيوانات الكهوف كذلك لها عيون ضامرة أو مفقودة. هذا يتضمن سمكاً (مثل سمكة الكهوف العمياء، يمكنك شراء واحدة من محلات الحيوانات الأليفة)، وعناكب، وسلاماندرات، وجمبري، وخنافس. هناك حتى جراد بحر أعمى لا يزال لديه سويقتي العينين لكن لا عينين فوقهما.

الحيتان هم كنز مكتشف من الأعضاء الأثرية. الكثير من الأنواع الحية لديها عظام حوض وأرجل خلفية أثريين، تشهد_كما رأينا في آخر فصل_على تحدرهم من أسلاف برية رباعية الأرجل. إن نظرت إلى هيكل عظمي كامل لحوت في متحف، غالبا سترى عظام الرجلين الخلفيتين والحوض الصغار معلقين ببساطة ببقية الهيكل العظمي بأسلاك. هذا لأنهم في الحيتان الحية ليسوا مربوطين ببقية العظام، بل ببساطة مطمورون في النسيج. لقد كانوا قديماً جزءً من الهيكل العظمي، لكن صاروا غير مرتبطين وصغاراً لما لم يعد لهم احتياج. إن قائمة الأعضاء الأثرية في الحيوانات يمكن أن تملأ دليلاً كبيراً. دارون نفسه_الذي كان جامع خنافس نهم في صغره_أشار إلى أن بعض الخنافس غير الطائرة لا يزال لديها آثار الأجنحة تحت الأغطية الجناحية المدموجة ("قوقعة" الخنفس).

نحن البشر لدينا الكثير من الصفات الأثرية المثبتة أننا تطورنا. أشهرها هو الزائدة. المعروفة طبياً بالزائدة دودية الشكل Vermi form ، إنها إسطوانة رفيعة بحجم القلم من النسيج الكيسي أو المصران الأعور، الذي يتموضع عند ملتقى أمعائنا الغليظة والرقيقة، كالكثير من الصفات الأثرية، فإن حجمها ودرجة تنميها متنوعة بدرجة عالية: ففي البشر، يتراوح طولها ما بين حوالي البوصة إلى ما فوق القدم. حتى أن بعض الناس تولد بدون واحدة.

في الحيوانات آكلي العشب كالكوالات والأرانب والكانجارو، يكون الأعور وطرفه المستدق الزائدي أكبر مما لدينا. هذا أيضاً ينطبق على الرئيسيات آكلي الأوراق كالليمورات، والليمورات البليدة (ليمور صغير بطيء الحركة عديم الذيل يسعى ليلاً بغابات آسيا)، والقرود العنكبوتية. يُستعمَل الكيس المتسع كوعاء تخمر (كـ "الأمعاء الإضافية" لدى الأبقار)، محتوياً على بكتريا تساعد الحيوان على تحليل السليلوز إلى سكريات قابلة للاستعمال. أما في الرئيسيات الذين يحتوي نظامهم الغذائي على أوراق أقل، كالأورانجوتانات (إنسان الغاب) والمكاك، يكون الأعور والزائدة ضامرين. في البشر الذين لا يأكلون أوراق الشجر ولا يمكنهم هضم السليلوز، قد انقرضت الزائدة تقريباً. على نحو واضح، كلما كان الحيوان أقل عشبية، صغر المصران والزائدة. بعبارة

أخرى: فإن زائدتنا هي ببساطة بقية عضو كان هاماً على نحو خطر لأسلافنا آكلي الأوراق، لكن بلا قيمة فعلية لنا اليوم.

هل تقوم الزائدة بأي فائدة لنا على الإطلاق؟ إن تكن كذلك، فهذا غير واضح. فإن إزالتها لا تؤدي إلى أية آثار جانبية سيئة أو زيادة معدل الوفاة (في الحقيقة، يبدو أن إزالتها تقلل التهاب القولون). باحثاً حول الزائدة في كتابه الدراسي الجامعي الشهير (الجسم الفقاري)، علق عالم الإحاثة Alfred Romer باقتضاب: "*أهميتها الرئيسية تتبدى كدعم مالي لمهنة الجراحة*" . لكن لنكون متحرين الدقة، ربما تكون ذات استعمال ضئيل. تحتوي الزائدة على قطع من النسيج ربما تعمل كجزء من النظام المناعي. لقد اقتُرِح أيضاً أنها تُزوِّد بملجأ للبكتريا المعوية عندما تُزيلها عدوى من بقية جهازنا الهضمي.

لكن هذه الفوائد الثانوية مرجوحة حتماً بالمشاكل الخطيرة التي تأتي من الزائدة البشرية. فضيقها يجعلها تنسد بسهولة، مما يمكن أن يؤدي إلى إصابتها بالعدوى والالتهاب. أو ما يُعرف بالتهاب الزائدة الدودية. إن لم تعالج، فالزائدة المنفجرة يمكن ان تقتل المصاب. لديك احتمال واحد على خمسة عشر للإصابة بالتهاب الزائدة في حياتك. لحسن الحظ، بفضل الممارسة الحديثة المتطورة للجراحة، فاحتمال الموت عندما تُصاب بالتهاب الزائدة هو فقط ١%. لكن قبل أن يبدأ الأطباء في إزالة الزوائد الملتهبة في أواخر القرن التاسع عشر، لربما فاق معدل الوفاة ٢٠%. بعبارة أخرى، قبل عصر الإزالة الجراحية، أكثر من شخص من كل مئة مات من التهاب الزائدة. هذا كان انتخاباً طبيعياً قوياً جيداً.

خلال حقبة التطور البشري المديدة_أكثر من ٩٩% منها_لم يكن هناك جراحون، وقد عشنا بقنبلة موقوتة دقاقة في حشانا. عندما تزن المزايا الضئيلة للزائدة مقابل مضارها الفادحة، فمن الواضح أنها إجمالاً شيء سيء امتلاكه ببساطة. لكن بصرف النظر عما إذا كانت جيدة أم سيئة، لا تزال الزائدة البشرية أثرية، لأنها لم تعد تقوم بالوظيفة التي تطورت لأجلها.

إذن لماذا لا زلنا نملك واحدة؟ لم نعرف الإجابة بعد. ربما في الحقيقة قد كانت في طريقها إلى الاختفاء، لكن الجراحة قد تخلصت من الانتخاب الطبيعي ضد الناس ذوي الزوائد الدودية. هناك احتمالية أخرى ان الانتخاب لا يمكنه تقليص الزائدة أكثر من ذلك دون أن تصير ضارة بدرجة أكبر: الزائدة الأصغر ربما تشكل خطراً أكثر بانسدادها. ذلك ربما هو عقبة طريق تطورية لاختفائها بالكامل.

تعج أجسادنا ببقايا أخرى من السلفية الرئيسية. فلدينا ذيل أثري: العصعص، أو النهاية مثلثية الشكل لعمودنا الفقري، إنها مصنوعة من فقرات مستقلة مدموجة معلقة أسفل أحواضنا. إنها ما تبقى من الذيل الطويل المفيد لأسلافنا (الصورة ١٤). إنها لا تزال لها وظيفة (بعض العضلات المفيدة مرتبطة إليها)، لكن تذكر أن أثريتها لا تُشخَّص بعدم فائدتها بل لأنها لم يعد لها الوظيفة التي تطورت أصلاً لأجلها. على نحوٍ معبر، بعض البشر لديهم عضلة ذيلية أثرية (العضلة الباسطة العصعصية)، متطابقة للتي تحرك ذيول القرود والثدييات الأخرى. إنها لا تزال متصلة بعصعصنا، لكن بما أن العظام غير قادرة على التحرك، فإن العضلة غير مفيدة. ربما يكون لديك واحدة لكنك لا تعرفها حتى.

عضلات أثرية أخرى تصير ظاهرة في الشتاء، أو عند مشاهدة أفلام الرعب. هذه هي العضلات ناصبة الشعر، عضلات ضئيلة متصلة بقاعدة كل شعرة من شعر الجسد. عندما تنقبض يقف الشعر، معطياً إيانا "نتوآت إوزية"، تسمى هكذا بسبب تشابها مع جلد الإوزة منتوفة الريش. لا تقوم النتوآت الإوزية والعضلات التي تسببها بأي وظيفة نافعة، على الأقل في البشر. أما في ثدييات أخر_رغم ذلك_فهي توقف الفرو للعزل عندما يكون الجو بارداً، وتجعل الحيوان يبدو أكبر عندما يقوم بالتهديد أو يتلقاه. فكر في القط، الذي يتشعث فروه عندما يكون الجو بارداً أو غاضباً. تَنتج نتوآتنا الإوزية الأثرية بنفس المنبهات: البرد أو اندفاع الأدرينالين.

وهاكم مثالاً أخيراً: إن كنت تستطيع لي أذنيك، فأنت تثبت التطور. إننا نملك ثلاث عضلات تحت فروة رأسنا المتصلة بآذاننا. في معظم الأفراد هي غير مفيدة، لكن القليل من الناس يمكنهم استعمالها للي آذانهم (أنا واحد من هؤلاء المحظوظين، وكل عام أعرض هذه المهارة لفصلي التطوري، في المعظم لتسلية الطلاب). هذه هي نفس العضلات المستعملة من قِبَل حيوانات أخرى_كالقطط والأحصنة_لتحريك آذانهم هنا وهناك، مساعِدة إياهم على تحديد مواضع الأصوات. في هذه الأنواع، يساعد تحريك الآذان على كشف المفترسين، وتعيين مواقع صغارهم، وما إلى ذلك. لكن في البشر هذه العضلات جيدة فقط للتسلية. [١٦]

كإعادة صياغة للاقتباس من عالم الوراثة **Theodosius Dobzhansky** الذي افتتَح هذا الفصل، يكون للصفات الأثرية معنى فقط في ضوء التطور. أحياناً مفيدة، لكن في الأغلب ليست، إنها بالضبط ما سنتوقع إيجاده إذا كان الانتخاب الطبيعي أزال تدريجياً السمات غير المفيدة أو عدَّلها إلى أخرى جديدة أكثر تكيفاً. إن الأجنحة الضئيلة غير الوظيفية، والزائدة الدودية الخطرة، والعيون التي لا ترى، وعضلات الأذنين المضحكة ببساطة لا يكون لها معنى أو منطق إن تكن تعتقد أن الأنواع قد خُلِقَت خلقاً خصوصياً.

التأسل

من حين لآخر يطرأ فرد ذو شيء شاذ يبدو كعودة ظهور لصفة سلفية. يمكن ان يولد حصان ذو أصابع إضافية، طفل بشري ذو ذيل. هذه البقايا الظاهرة على نحو متقطع من السمات السلفية تدعى تأسلات **atavisms**، من الكلمة اللاتينية **atavus** أي سلف (وفي العربية تأسل الابن أباه أي نزع إليه في الشبه). تختلف عن الصفات الأثرية لأنها تحدث من حين إلى آخر فقط بدلاً من أن تكون في كل فرد.

التأسلات الحقيقية ينبغي أن تستعيد صفة سلفية، وبنفس الطريقة بالضبط. هم ليسوا حيوانات مشوهة ببساطة. فالإنسان المولود برجل إضافية _كمثال_ليس تأسلاً إذ لا أحد من أسلافنا كان له خمسة أطراف. لعل أشهر التأسلات الحقيقية هي أرجل الحيتان. لقد تعلمنا من قبل أن بعض أنواع الحيتان تحتفظ بأحواض وأرجل خلفية أثريين، إلا أن حوالي حوتاً واحداً من كل خمسمئة يولَد برجلين خلفيتين ناتئتان خارج جدار الجسد. تُظهِر هذه الأطراف كل درجات التشذيب، مع كون العديد منهم يحتوون بوضوح على عظام الرجل الرئيسية للثدييات البرية: عظم الفخذ والساق والشظية الصغرى، البعض لديه حتى أقدام وحوافر!

لماذا تحدث تأسلات كهذه على العمو؟ أفضل نظرياتنا أنها تأتي من عودة تعبير جينات كانت وظيفية في الأسلاف، لكنها أُسكِتت بفعل الانتخاب الطبيعي عندما لم يعد هناك حاجة لها. إلا أن هذه الجينات الخاملة يمكن في بعض الأحيان أن تستيقظ مجدداً عندما يسير شيء ما بشكل منحرف في التطور الجنيني. لا تزال الحيتان تحتوي بعض المعلومات الجينية لعمل الأرجل، لبس أرجلاً كاملة، حيث أن المعلومات قد أُفسِدت خلال ملايين السنين التي كمنت فيها غير مستعملة في الجينوم (المجين)، إلا أنها أرجل رغم ذلك. وتلك المعلومات هي هناك لأن الحيتان تحدرت من أسلاف رباعية الأطراف. كأحواض الحيتان التي في كل أفرادها، فإن أرجل الحيتان النادرة دليل على التطور.

تُظهِر الأحصنة الحديثة_والتي انحدرت من أسلاف خماسية الأصابع وأصغر_تأسلات مماثلة. يُوَثِّق السجل الأحفوري الخسارة التدريجية للأصابع خلال الزمن، نتيجة لهذا تبَقَّى في الأحصنة الحديثة الأوسط فقط: الحافر. إنه يَظهر أن أجنة الأحصنة تبدأ التطور بثلاثة أصابع، والتي تنمو بمعدلات متساوية، لاحقاً_رغم ذلك_يبدأ الإصبع الأوسط في النمو أسرع من الأخريين، واللتين تُتركان عند الولادة كعظام شظوية رفيعة على كلا جانبي القدم (العظام الشظوية هي سمات أثرية صحيحة، عندما يلتهبان يُصاب الحصان بالتضخم العظمي في عظم

الشـظية). في أحيـان نادرة_رغـم ذلـك_ تسـتمر الإصـبعان الإضـافيتان في التطـور حـتى تصـيرا إصـبعين زائـدتين حقيقيتين، كاملين مع حافريهما. غالباً لا تمس هذه الأصابع الأرض إلا إذا ركض الحيوان. هذا ما كان يبدو عليه بالضبط الحصان العتيق منذ ١٥ مليون عام ماضٍ. قديماً كانت تُعتبر الأحصنة زائدة الأصابع عجائب خارقة للطبيعة، فقيل أن كلاً من يوليوس القيصر والإسكندر الأعظم قد ركبا عليهم. وهم عجائب من نوع معين، عجائب الاتطور، لأنهم يُظهرون بجلاء النسب الجيني بين الأحصنة العتيقة والحديثة.

أكثر التأسلات إدهاشاً في نوعنا يُدعى بـ "البروز العصعصي"، يُعرف أكثر بالذيل البشري. كما سوف نتعلم على نحو موجز، مبكراً في تطور الأجنة البشرية يكون لديهم ذيل شبه سمكي كبير، والذي يبدأ في الاختفاء عند حوالي الأسبوع السابع (تُمْتَص عظامه وأنسجته ثانية ببساطة من قِبَل الجسد). نادراً_رغم هذا_أن لا يرتد على نحو كامل، ويولَد طفل ذو ذيل يبرز من قاعدة عموده الفقري (الصورة ١٤ في ملحق الصور). تتنوع الذيول على نحو واسع: فالبعض رقيق بلا عظام، بينما الأخرى تحتوي فقرات. الفقرات عينها التي تندمج على نحو طبيعي مع بعضها في عظم ذيلنا. بعض الذيول طولها بوصة، وأخرى قدم تقريباً. وهي ليست مجرد سِدْلات من الجلد، بل يمكن أن يكون لديها شعر، عضلات، أوعية دموية، وأعصاب. البعض يمكن حتى أن يتلوَّى! لحسن الحظ، هذه البروزات غير الملائمة تُزال بالجراحة بسهولة.

ما الذي يمكن أن يعنيه هذا، سوى أننا لازلنا نحمل برنامجاً تطورَ جينيّ لعمل الذيول؟ في الحقيقة، فإن البحث الوراثي المعاصر قد أظهر أننا نحمل نفس الجينات بالضبط التي تعمل الذيول في الحيوانات كالفئران، إلا أن هذه الجينات تُعطَّل على نحو طبيعي في الأجنة البشرية بعد ثلاثة أشهر. تتضح الذيول كتأسلات حقيقية.

يمكن إنتاج بعض التأسلات في المعمل. أكثرها إدهاشاً هو ذلك المثال النادر: أسنان الدجاج. في عام ١٩٨٠، ضم **E. J. Kollar and C. Fisher** من جامعة **University of Connecticut** نسيجي نوعين، لاحمين النسيج المبطن لفم جنين دجاجة بأنسجة من فك فم متطور. على نحو مدهش، أنتج النسيج الدجاجي آخر الأمر بينوات شبيهة بالأسنان، بعضها بجذور وتيجان واضحة! وبما أن أنسجة الفم الأساسي وحدها لا يمكن أن تنتج أسنان، فقد خمنا أن الجزيئات من الفم أعادت إيقاظ برنامج تطور جنيني خامل لعمل الأسنان في الدجاج. هذا عنى أن الدجاج لديه كل الجينات الصحيحة لعمل الأسنان، إلا أنها كانت تفتقد عامل تنشيط والذي استطاع النسيج الفمي تقديمه. بعد عشرين سنة لاحقة، كشف العلماء الأحياء الجزيئي وأثبتوا أن اقتراح **Kollar and Fisher** كان صائباً: الطيور لديها حقاً السبل الجينية لإنتاج الأسنان، إلا أنها لا تعملها

لأن بروتيناً واحداً حاسماً مفتقد. عندما يتم الإمداد بذلك البروتين، تتكون البنيوات الشبيهة بالأسنان على المنقار. ستتذكر أن الطيور تطورت من زواحف ذوي أسنان. لقد فقدوا تلك الأسنان منذ أكثر من ستين مليون سنة، إلا أنهم بجلاء لا زالوا يحملون بعض الجينات لعملها. جينات هي بقايا من سلفيتهم الزاحفية.

الجينات الميتة

ترينا التأسلات والصفات الأثرية أنه عندما لا تعود صفة مستعملة، أو تصير ضامرة، لا تختفي الجينات التي تعملها فورياً من الجينوم: فالتطور يوقف عملها بتعطيلها، لا بقصها من الحمض النووي. من هذا يمكننا عمل تنبؤ. نتوقع أن نجد_في جينومات الكثير من الأنواع_جينات مُسكَّتَة أو "ميتة": الجينات التي كانت قديماً مفيدة لكنها لم تعد سليمة أو معبرة. بعبارة أخرى، ينبغي أن يكون هناك جينات أثرية. بالمقارنة فإن كل فكرة أن كل الأنواع قد خُلِقَت من تصميم تتنبأ بأن لا جيناتٍ كهذه ستوجد، بما أنه لن يكون هناك أسلاف مشتركة كانت تعمل بهم تلك الجينات.

منذ ثلاثين عاماً ماضية لم نكن نستطيع اختبار هذا التنبؤ لأنه لم يكن لدينا سبيل لقراءة شفرات أحماضهم النووية. اليوم_مع ذلك_سهلٌ تماماً قراءة تسلسل الجينومات الكاملة للأنواع، وقد تم هذا للكثير منهم، بما فيهم البشر. هذا يعطينا أداة فريدة لدراسة التطور عندما ندرك أن الوظيفة الطبيعية لجين هي صنع بروتين، بروتين تسلسلاته من الأحماض الأمينية محددة بتتابعات القواعد النيوكليوتيدية التي تؤلف الحمض النووي. وحالما يكون لدينا تسلسل الحمض النووي لجين محدد، يمكننا عادةً تقرير ما إذا كان يُعَبَّر على نحو طبيعي، أي: ما إذا كان يصنع بروتيناً وظيفياً أم مُسكَّتاً ولا يصنع شيئاً. يمكننا أن نرى_كمثال_ما إذا كانت الطفرات الوراثية قد غيَّرت الجين لذا لم يعد يمكنه صنع بروتين صالح للاستعمال، أم أن المناطق "المتحكمة" مسؤولة عن تشغيل جين قد عُطِّل. الجين الذي لا يعمل يسمى جيناً زائفاً **a pseudogene**.

وقد تحقق التنبؤ التطوري بأننا سنجد جينات زائفة، بإسهاب. فعلياً تؤوي كل الأنواع جينات ميتة، الكثير منها ما زالت نشطة في أقاربها. هذا يتضمن أن تلك الجينات كانت أيضاً نشطة في سلف مشترك، وحُطِّمَت في بعض المتحدرين ولكن في آخرين استمرت.[١٧] كمثال، من حوالي ثلاثين ألف جين، نحمل نحن البشر أكثر من ألفي جين زائف. إن جينومنا_والآخرين الذي للأنواع الأخرى_عامرون حقاً بمقابر الجينات الميتة.

أشهر جين زائف بشري هو GLO، سُمي هكذا لأنه في الأنواع الأخرى يُنتِج إنزيماً يُدعى --L-gulono lactone oxidase . يُستعمَل هذا الإنزيم في عمل ڤيتامين C (الحمض الأسكوربي) من سكر الجلوكوز البسيط. إن ڤيتامين C أساسي لتمثيل غذائي سليم، وفعلياً كل الثدييات لديها السبيل لصنعه، الكل، أي عدا الرئيسيات وخفافيش الفاكهة وقوارض خنازير غينيا. في هذه الأنواع، يُحصَل على ڤيتامين C مباشرة من طعامهم، والأنظمة الغذائية الطبيعية عادة بها كفاية. إن لم نتناول كمية كافية من ڤيتامين C، تعتل صحتنا: فقد كان داء الإسقربوط شائعاً بين البحارة المحرومين من الفواكه في القرن التاسع عشر. السبب في أن الرئيسيات وهذه الثدييات القلائل الأخرى لا تصنع ڤيتامين C الخاص بها هو أنها لا تحتاج إلى ذلك. إلا أن تتابع الحمض النووي يخبرنا أن الرئيسيات لا تزال تحمل معظم المعلومات الجينية اللازمة لصنع الڤيتامين.

يتضح أن سبيل صنع ڤيتامين C من الجلوكوز يتضمن تسلسلاً من أربع مراحل، كل واحدة تؤسَّس بنِتاج جين مختلف. لا يزال لدى الرئيسيات وقواراض خنازير غينيا جينات نشطة لأول ثلاث مراحل، لكن آخر مرحلة، التي تتطلب إنزيم GLO، لا تحدث، فقد عُطِّل GLO بطفرة وراثية. لقد صار جيناً زائفاً، يدعى ψGLO (حيث ψ هي الحرف اليوناني Psi يرمز إلى Pseudo أي زائف). لا يعمل ψGLO بسبب افتقاد نيوكليوتيد واحد في تسلسل الحمض النووي للجين. وهذا بالضبط نفس النيوكليوتيد المفتقد في سائر الرئيسيات. هذا يُظهر أن الطفرة التي دمرت قدرتنا على صنع ڤيتامين C كانت موجودة في سلف كل الرئيسيات، ومُرِّرَت إلى متحدريه. إنه مرجح بدرجة عالية أنه بما أن خفافيش الفاكهة وخنازير غينيا والرئيسيات نالت وفرة من ڤيتامين C في تغذيتهم، لم يكن هناك عاقبة لتعطيل السبيل الذي يصنعه. هذا ربما كان حتى مفيداً بما أنه يتخلص من بروتين ربما يكون مكلفاً في إنتاجه.

الجين الميت في نوع، والذي يكون نشطاً في أقاربه هو دليل على التطور، لكن هناك ما هو أكثر. عندما ننظر إلى ψGLO في الرئيسيات الحية، نكتشف أن تسلسلاته أكثر تشابهاً بين الأقارب الأوثق عما بين الأقارب الأكثر بعداً. تسلسلات ψGLO للإنسان والشمبانزي _ كمثال_تشابه بعضها الآخر على نحو وثيق، لكن تختلف أكثر عن ψGLO للأورانجوتانات (إنسان الغاب)، الذين هم أقارب بعيدون. ما هو أكثر، تسلسل ψGLO لخنازير غينيا مختلف جداً عن الذي لكل الرئيسيات.

فقط التطور والسلفية المشتركة يمكن أن يُفسِّرا هذه الحقائق. كل الثدييات قد ورثت نسخة عاملة من جين GLO. منذ حوالي أربعين مليون سنة ماضية، في السلف المشترك لكل الرئيسيات، الجين الذي لم يعد له حاجة

عُطِّلَ بطفرة وراثية. ورثت كل الرئيسيات نفس الطفرة. بعد أن أُسكِتَ جين **GLO** استمرت طفرات أخرى في الحدوث في الجين الذي لم يعد يُعَبَّر. تراكمت هذه الطفرات خلال الزمن_فهي غير ضارة إذا كانت تحدث في جينات ميتة فعلياً_ونُقِلت إلى الأنواع المتحدرة. وبما أن الأقارب الأوثق صلة يتشاركون سلفاً مشتركاً أكثر حداثة، فإن الجينات التي تتغير بطريقة ترتهن بالزمن تتبع نموذج السلفية المشتركة، مؤدية إلى أن تسلسلات الحمض النووي تكون أكثر تشابهاً في الأنواع الأقارب الأوثق صلة عن بعيديها. هذا يحدث سواء كان الجين ميتاً أم لا. إن تسلسل **ψGLO** في خنازير غينيا مختلف جداً لأنه قد عُطِّل على نحو مستقل، في خط تحدر قد انفصل عن الثدييات سابقاً. و**ψGLO** ليس فريداً في إظهاره هذ النماذج، فهناك جينات زائفة كثيرة أخرى.

لكن لو اعتقدتَ أن الرئيسيات وقوارض خنازير غينيا قد خُلِقوا خلقاً خصوصياً، لا يكون لهذه الحقائق منطق. فلماذا سيضع خالقٌ سبيلاً لصنع ڤيتامين **C** في كل هذه الأنواع، ثم يعطله؟ ألن يكون من الأسهل ببساطة حذف كل السبيل منذ البداية؟ لماذا ستوجد نفس الطفرة المُعطِّلة في كل الرئيسيات، وأخرى مختلفة في قوارض خنازير غينيا؟ لماذا تعكس تسلسلات الجينات الميتة بالضبط نموذج التشابه المتنبأ به من السلفية المعروفة لهذه الأنواع؟ وفي المقام الأول لماذا لدى البشر أكثر من ألفي جين زائف؟

نحن أيضاً نؤوي جينات ميتة أتت من أنواع أخرى، أعني الڤيروسات. البعض منها_ويدعي "الڤيروسات العكسية داخلية المنشأ" يمكنه نسخ جينومه وإدخاله إلى الحمض النووي الخاص بالأنواع التي يُعيدها (**HIV** المسبب لـ **AIDS** نقص المناعة المكتسبة أحدهم). إذا عدت الڤيروسات الخلايا التي تصنع الحيوانات المنوية والبييضات، يمكن أن يُنقلوا إلى الأجيال المُستقبلية. يحتوي الجينوم البشري على آلاف من الڤيروسات كهذه، كلهم تقريباً قد جُعِلوا غير ضارين بطفرات. هذه هي آثار عداوى قديمة. لكن بعض هذه البقايا توجد في نفس المواضع على صبغيات البشر والشمبانزي بالضبط. هذه كانت بالتأكيد ڤيروسات عدت سلفنا المشترك ونُقِلَت إلى كلا المتحدِرَيْن. وبما أنه لا احتمال تقريباً لأن تُدخِل الڤيروسات نفسها على نحو مستقل في نفس النقاط بالضبط في النوعين، فهذه النقاط تشير بقوة إلى السلفية المشتركة.

حكاية مثيرة أخرى عن الجينات الميتة تتضمن حاسة شمنا، أو بالأحرى حاسة شمنا البائسة، إذ البشر حقاً متشممون رديئون بين الثدييات البرية. ومع ذلك، لا نزال نقدر على التمييز بين فوق العشرة آلاف رائحة. كيف يمكننا إنجاز مثل هذه المهارة؟إلى وقت قريب كان هذا لغزاً بالكامل. الإجابة توجد في حمضنا النووي، في جيناتنا العديدة المستقبِلة الشمية (م ش) أو **olfactory receptor (OR) genes**.

إن قصة الـ **OR** أو الجينات المستقبلية الشمية قد أُنجِزت من قِبَل **Linda Buck and Richard Axel** ، الذين فازا بجائزة نوبل لأجل هذا الإنجاز في عام ٢٠٠٤، فلننظر إلى جينات **OR** في متشمم ممتاز: الفأر.

يعتمد الفئران على نحو كثيف على حواس شمهم، ليس فقط لإيجاد الطعام أو تجنب المفترِسين، بل أيضاً لاستبيان فرمونات أحدهم الآخر. العالم الحسي لفأر مختلف على نحو واسع عن الخاص بنا، الذي فيه الرؤية أهم بكثير من الشم. لدى الفئران حوالي ألفي جين مستقبل شمي نشط. كلها تنحدر من جين سلفي واحد نشأ منذ ملايين السنين وصار مضاعفاً مرات كثيرة، كل جين يختلف قليلاً عن الآخرين. وكل واحد يُنتِج بروتيناً مختلفاً_مستقبِلاً شمياً_يتعرف على جزيء منقول جواً مختلف. كل بروتين مستقبل شمي يُعَبَّر عنه بنمطٍ مختلف قليلاً من الخلايا المستقبِلة في النسيج المبطِّن للأنف. تحتوي الروائح المختلفة على مجموعات مختلفة من الجزيئات، وكل مجموعة تثير مجموعة مختلفة من الخلايا. تبعث الخلايا إشارات إلى المخ، الذي يدمج ويحل شفرة الإشارت المختلفة. تلك هي كيفية تمييز الفئران رائحة القطط عن التي للجبن. بدمج مجموعات الإشارات، تقدر الفئران أن تتعرف على روائح أكثر بكثير مما يملكون من جينات مستقبلة شمية **genes (OR)**.

إن القدرة على التعرف على الروائح المختلفة مفيد: فهي تمكنك من تمييز القريب من غير القريب، وإيجاد العشير، وتحديد مواقع الطعام، والتعرف على المفترِسين، ورؤية من يغزو منطقتك. أفضليات البقاء ضخمة. فكيف اختارها الانتخاب الطبيعي؟ في البدء، صار جين سلفيّ مضاعفاً عدداً من المرات. تضاعف كهذا يحدث من وقتٍ إلأى آخر كحادثٍ أثناء انقسام الخلية. على نحو تدريجي، اختلفت النسخ المضاعفة أحدها عن الآخر، والتي كلٌ منها مربوط بجزيء رائحة مختلف. نشأ نوع مختلف من الخلايا لكلٍ من العشرة آلاف جين مستقبل شمي. وفي نفس الوقت، صار المخ ممداً بوصلات جديدة لجمع الإشارات من الأنواع الكثيرة من الخلايا لعمل أحاسيس الروائح المختلفة. إنه حقاً لإنجاز مذهل للتطور، مُقاداً بالقيمة البقائية المحضة للشم الفطِن!

لا تداني حاسة شمنا تلك التي للفأر إطلاقاً. أحد الأسباب أننا نعبِّر جينات **OR** أقل، حوالي أربعمئة فقط، لكننا لا نزال نحمل مجموع ثمانمئة جين **OR**، تشكل ٣% تقريباً من جينومنا الكلي. ونصف هذه الجينات تماماً جينات زائفة. عُطلت باستمرار بطفرات. نفس الأمر صحيح بالنسبة إلى معظم الثدييات الأخرى. كيف حدث هذا؟ ربما لأننا نحن الرئيسيات_الذين ننشط أثناء النهار_نعتمد على الرؤية أكثر من الشم، ولذا لا نحتاج إلى التمييز بين روائح كثيرة جداً. تصير الجينات غير المحتاج لها مُزاحَة بالطفرات. على نحو قابل للتنبؤ، فإن الرئيسيات ذوي الرؤية اللونية، ومن ثم التمييز الأعظم للبيئة، لديهم جينات **OR** ميتة أكثر.

إن نظرتَ إلى تسلسلات جينات الاستقبال الشمي البشرية OR، كلٌ من النشطة والمعطلة، فهي أكثر تشابهاً مع التي للرئيسيات الأخرى، أقل تشابهاً للتي لثدييات بدائية كالبلاتيبوس (مفلطح الفم أو منقار البطة الأسترالي)، وأقل شبهاً أكثر إلى جينات الاستقبال الشمي لأقارب بعيدين كالزواحف. لماذا ستُظهِر الجينات الميتة علاقة كهذه، إن لم يكن لأجل التطور؟ وحقيقة أننا نؤوي جينات معطلة كثيرة جداً دليل بدرجة أكبر على التطور: نحن نحمل هذه الأمتعة البالية لأنها كانت محتاجاً لها في أسلافنا البعيدين الذين اعتمدوا على حاسة شم قوية للبقاء أحياء.

إلا أن أكثر الأمثلة إدهاشاً على التطور_أو إزالة التطور_جينات الاستقبال الشمي للدولفين. لا تحتاج الدلافين إلى استبيان روائح متطايرة في الهواء، حيث أنهم يمارسون شؤون حيواتهم تحت الماء، ولديهم مجموعة مختلفة بالكامل من الجينات لاستبيان المواد الكيميائية المنقولة بالماء. كما قد يتنبأ المرء، فإن جينات OR للدلافين معطلة. في الحقيقة فإن ٨٠% منها معطلة. مئات منها لا تزال موجودة بصمت في جينوم الدولفين، شهادة صامتة على التطور. وإن تنظر إلى تسلسلات الحمض النووي لهذه الجينات الميتة للدلافين، ستجد أنها مشابهة للتي للثدييات البرية. هذا يصير له منطق عندما تدرك أن الدلافين تطورت من ثدييات برية والذين صارت جينات الاستقبال الشمي أو OR الخاصة بهم بلا فائدة عندما لجؤوا إلى الماء. (١٨) هذا لا يكون له منطق أو معنى إن كانت الدلافين قد خُلِقت خلقاً خصوصياً.

يمكن أن تتماشى الجينات الأثرية مع التراكيب الأثرية. لقد تطورنا نحن الثدييات من أسلاف زاحفية، كانت تضع البيض. استغنت الثدييات عن وضع البيض، وتغذي الأمهات صغارها مباشرةً من خلال المشيمة بدلاً من التزويد بمستودع من المح (صفار البيض). باستثناء رتبة أحاديات المخرج التي تحتوي على آكل النمل الشوكي والبلاتيبوس أو مفلطح الفم الأستراليين). وتحمل الثدييات ثلاثة جينات تقوم في الزواحف والطيور بإنتاج البروتين المحي المغذي (Vitellogenin)، والذي يملأ كيس المح. إلا أن هذه الجينات ميتة فعلاً في كل الثدييات. معطلة تماماً بالطفرات. فقط أحاديات المخرج لا تزال تنتج الـ Vitellogenin ، ممتكلة جيناً واحداً نشطاً واثنين ميتين. ما هو أكثر من ذلك، فإن الثدييات مثلنا لا تزال تُنتج كيس مح، لكنه أثري وبلا مح، بالون مليء بالسائل، مربوط بالقناة الهضمية الجنينية (الصورة ١٥في ملحق الصور). في الشهر الثاني من الحمل البشري ينفصل عن الجنين.

مع منقاره الشبيه بالبطة، وذيله السمين، والمهامز الحادة على الأرجل الخلفية لذكوره، وقدرة إناثه على وضع البيض، فإن البلاتيبوس أو مفلطح الفم الأسترالي (صورة ١٥ب في ملحق الصور) شاذ من أوجه عديدة. إن كان هناك على الإطلاق كائن يبدو مصمماً بطريقة غير ذكية_أو ربما لأجل تسلية صانع_ فهو هذا. إلا أن البلاتيبوس لديه صفة أخرى إضافية غريبة: إنه يفتقد المعدة. فبخلاف كل الفقاريات تقريباً، الذين لديهم معدة شبيهة بالجراب فيها تُحلل الإنزيمات الهضمية الطعام، فإن "معدة" البلاتيبوس هي مجرد انتفاخ ضئيل للمريء حيث يتصل بالمعى. تفتقد هذه المعدة بالكامل الغدد المنتِجة للإنزيمات الهضمية في الفقاريات الأخرى. لسنا متأكدين من سبب إزالة التطور للمعدة، ربما النظام الغذائي للبلاتيبوس من الحشرات اللينة لا يتطلب معالجة كثيرة. لكننا نعلم ان البلاتيبوس أتى من أسلاف ذوي معدات. أحد الأسباب هو أن جينوم البلاتيبوس يحتوي على جينين زائفين لإنزيمات ترتبط بالهضم. لم يعد لهما احتياج، فعُطِّلوا بطفرة، لكنهما لا يزالان يشهدان على تطور هذا الحيوان الغريب.

المخطوطات المعاد الكتابة عليها في الأجنة

في الواقع منذ ما قبل عصر دارون، كان علماء الأحياء منشغلين بدراسة كلٍ من علم الأجنة (كيف تتنمى الحيوانات) وعلم التشريح المقارن (التشابهات والاختلافات في بنيتي حيوانين مختلفين). كشف جهدهم عن الكثير من الأشياء الغريبة التي _في ذلك الوقت_لم يكن لها منطق. على سبيل المثال، تبدأ كل الفقاريات في التنمي بنفس الطريقة، بادية إلى حد ما كسمكة جنينية. عندما يتقدم التنمي، تبدأ الأنواع المختلفة في الاختلاف، لكن بطرق غريبة. تختفي فجأة الأوعية الدموية، والأعصاب، والأعضاء التي كانت موجودة في أجنة كل الأنواع في البداية، بينما تمر الأخرى بتحويرات غريبة وهجرات. في آخر الأمر، فإن رقصة التنمي تبلغ أوجها في الأشكال المختلفة للغاية للأسماك والبرمائيات والزواحف والثدييات والطيور. مع أنه حين يبدأ التطور الجنيني يبدون متشابهين جداً. أخبر دارون بقصة كيف صار عالم الأجنة الجرماني العظيم **Karl Ernst von Baer** مرتبكاً بالتشابه بين الأجنة الفقارية. كتب **von Baer** إلى دارون:

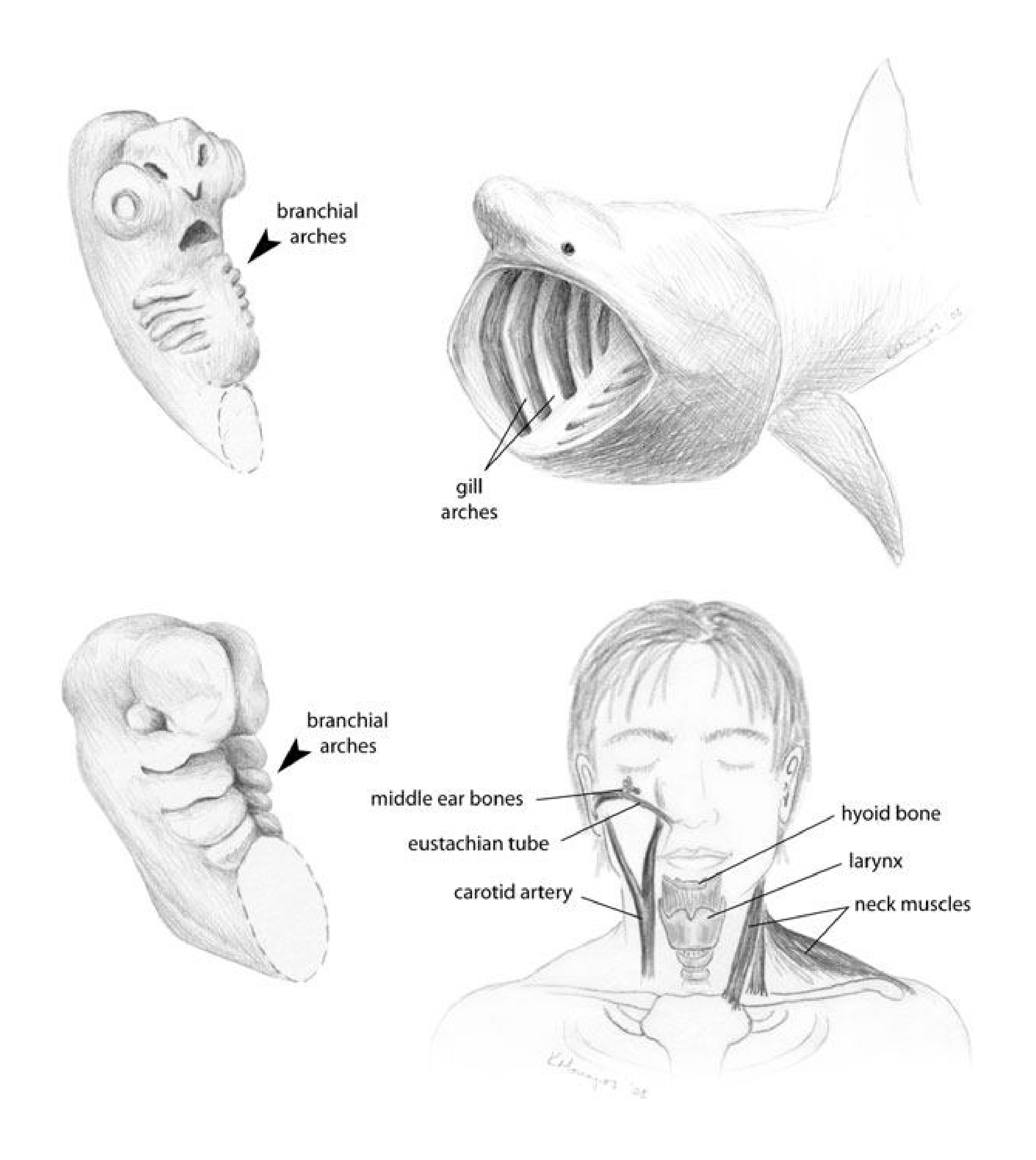
"بحوزتي جنينان صغيران في الكحول، اللذان أهملتُ لصقَ اسميهما، وفي الوقت الحاضر أنا غير قادر تماماً على التقرير إلى أي تصنيف ينتميان. ربما كانا سحليتين أو طيرين صغيرين، أو ثديين صغيرين جداً، كامل جداً هو التشابه في طريقة تشكل الرأس والبدن في هذين الحيوانين."

ومجدداً، كان دارون من وفَّق بين الحقائق المتنوعة بصدد علم الأجنة التي شغلت الكتب الدراسية في عصره، وأظهر أن السمات الملغزة للتطور الجنيني فجأة يكون لها معنى كامل تحت فكرة التطور المُوَحِّدة:

"يزداد علم الأجنة أهميةً على نحو عظيم، عندما ننظر هكذا إلى الجنين كصورة_باهتة إلى درجة ما_للشكل الأبوي المشترك لكل التصنيفات الكبرى للحيوانات."

فلنبدأ مع ذلك الجنين المتكون (بعد الشهر الثاني_المترجم) السمكي لكل الفقاريات، بلا أطراف ومبدياً ذيلاً شبه سمكي. ربما أكثر السمات شبه السمكية إدهاشاً هي سلسلة من خمسة إلى سبعة أكياس، مُباعَدة بأخاديد، تقع على كلا جانبي الجنين قرب رأسه المستقبلي. تُدعى هذه الأكياس بالأقواس الخيشومية، لكننا سندعوها بالأقواس على سبيل الاختصار (الشكل التوضيحي ١٦). يحتوي كل قوس على أنسجة تتطور إلى أعصاب، وأوعية دموية، وعضلات، وعظم أو غضروف. أما عندما تتطور أجنة الأسماك والقروش، فإن أول قوس يصير الفك ويصير البقية تراكيب خيشومية: الشقوق بين الأكياس تنفتح لتصير الشقوق الطولية الخيشومية وتُطوِّر الأكياس أعصاباً للتحكم في حركة الخياشيم. وأوعية دموية لنقل الأكسجين من الماء، وقضيبين من العظم أو الغضروف لدعم بنية الخيشوم. إذن، ففي الأسماك والقروش، فإن تطور (تنمِّي جنيني) الخياشيم من الأقواس الخيشومية الجنينية مباشر تقريباً: فهذه السمات الجنينية ببساطة تُكَبَّر دون تغير كبير لتُكوِّن الجهاز التنفسي الناضج.

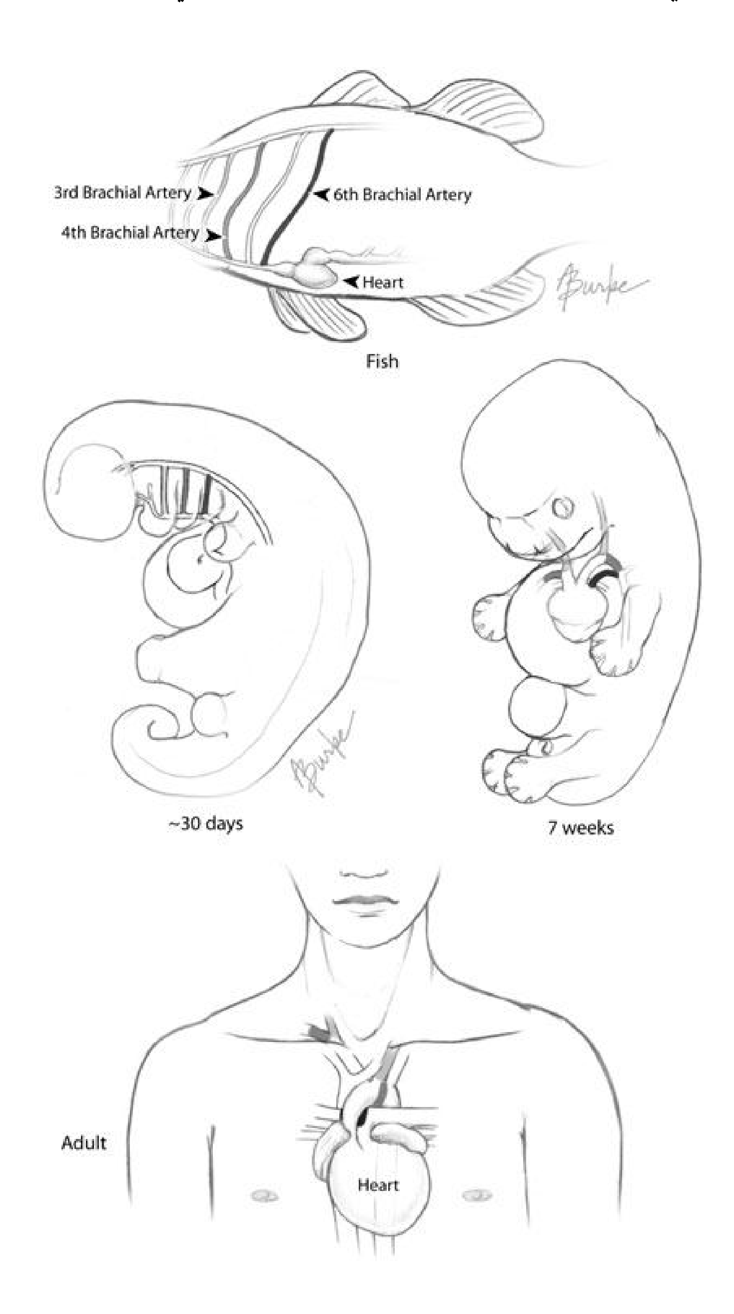
لكن في الفقاريات الأخر الذين ليس لديهم خياشيم في الناضجين، تتحول هذه الأقواس إلى بنيوات مختلفة جداً، بنيوات تؤلِّف الرأس. ففي الثدييات_كمثال_تشكِّل العظام الصغيرة الثلاثة للأذن، وقناة إستاكيوس، والشريان السباتي، ولِوَز الحلق، والحنجرة، والأعصاب الدماغية. في بعض الأحيان تخفق الشقوق الخيشومية الجنينية في الانغلاق، مؤدية إلى طفل رضيع ذي كيس على رقبته. هذه الحالة_وهي بقية تأسلية من أسلافنا السمكيين_يمكن تصحيحها بالجراحة.



شكل توضيحي١٦ : أقواس خيشومية لجنين قرش (في اليسار بالأعلى) وجنين بشري (في اليسار بالأسفل). في القروش والسمك (مثل القرش المنمش basking shark *Cetorhinus maximus* الذي يبدو في الأعلى) تتطور الأقواس مباشرة إلى البنيوات الخيشومية الناضجة، بينما في الإنسان والثدييات الأخر تتطور إلى بينوات متنوعة في الرأس الناضجة والجذع العلوي.

تمر أوعيتنا الدموية بالذات بتعرجات غريبة. ففي السمك والقروش، يتطور النموذج الجنيني للأوعية الدموية دون تغير كبير إلى الجهاز الناضج. أما حينما تتطور أجنة الفقاريات الأخر، تتحرك الأوعية هنا وهناك، وبعضها يختفي. تُترك الثدييات_مثلنا_بثلاثة أوعية دموية رئيسية فقط من الستة الأصلية. الشيء المثير حقاً أنه حين يتقدم تطورنا الجنيني تشابه التغيرات تسلسلاً تطورياً. إن جهازنا الدوري المشابه للسمكي يتحول إلى مشابه للذي للأجنة البرمائية. في البرمائيات، تتحول الأوعية الجنينية مباشرة إلى أوعية ناضجة، لكن الخاصة بنا تستمر في التغير إلى جهاز دوري مشابه للذي للأجنة الزاحفية. في أجنة الزواحف، يتطور هذا الجهاز بعد ذلك مباشرة

إلى ناضج. إلا أن التغيرات تمضي أكثر عندنا، مضيفة تعرجات قليلة أكثر تحوله إلى جهاز دوري ثديي صحيح، كاملاً مع الشريان السباتي، والرئوي، والشرايين الظهرية. (الشكل التوضيحي ١٧)



شكل توضيحي ١٧: تبدأ الأوعية الدموية للأجنة البشرية (والثديية) مشابهة للتي لجنين سمكة، مع وعائين علوي وسفلي مرتبطين بأوعية متوازية، واحد على كل جانب، "أقواس أورطية". في السمك تحمل هذه الأوعية الجانبية الدم إلى ومن الخياشيم. لدى الأسماك الجنينية والناضجة ستة أزواج من الأقواس، هذا هو التصميم القاعدي الذي يظهر عند بداية تطور أجنة كل الفقاريات. في

الجنين البشري، تتشكل الأقواس الأول والثاني والخامس لفترة وجيزة عند بداية التطور الجنيني، لكنها تختفي عند عمر أربعة أسابيع، بينما تتشكل الأقواس الثالث والرابع والسادس (مميزة بدرجات مختلفة من التظليل). بعمر سبعة أسابيع تعيد الأقواس الجنينية تنظيم نفسها، بادية أكثر شبهاً بالأوعية الجنينية لزاحف. في النهاية شكل ناضج، حيث يُعاد تنظيم الأوعية أكثر بعد، مع تلاشي البعض أو تحويل أنفسها إلى أوعية مختلفة. لا تمر الأقواس الأورطية للسمك بمثل هذا التغير.

هذه الأنماط تطرح الكثير من الأسئلة. أولاً، لماذا تبدأ الفقاريات المختلفة التي تنتهي إلى أن تبدو مختلفة للغاية عن بعضها البعض، كلها التطور الجنيني بادية كجنين سمكة؟ لماذا تشكِّل الثدييات رؤوسها ووجوهها من نفس البينوات الجنينية ذاتها التي تصير الخياشيم في السمك؟ لماذا تمر الأجنة الفقارية بمثل هذه السلسلة المتعرجة من التغيرات في الجهاز الدوري؟ لماذا لا يبدأ الجنين البشري، أو جنين السحلية التطور مع جهازهم الدوري الناضج في ذلك الحين في وضعه العادي، بدلاً من عمل الكثير من التغيرات لما تتطور أبكرَ؟ ولماذا تحاكي سلسلة تطورنا الجنيني ترتيب أسلافنا (السمك إلى البرمائيات، إلى الزواحف إلى الثدييات)؟ كما جادل دارون في (أصل الأنواع)، فهذا ليس لأن الأجنة تُخْبُر سلسلة من البيئات خلال التطور الجنيني إلى ما يجب أن يتكيفوا معه بنجاح، أولاً مشابه للسمك، ثم زاحفي، وما إلى ذلك:

"إن مراحل البناء، التي تشابه فيها أجنة الحيوانات المختلفة إلى حد كبير من نفس التصنيف بعضها للبعض، غالباً ليس له علاقة مباشرة بظروف وجودهم. فلا نستطيع _كمثال_افتراض أن طريقة التطور الجنيني الغريبة في أجنة الفقاريات الشبيهة بأنشوطة للشرايين قرب الشقوق الخيشومية تتعلق بالظروف المتماثلة. في الثديي الصغير الذي يُغذى في رحم أمه، وفي بيضة الطائر التي تُفقَس في عش، وفي جرثومة ضفدع تحت الماء."

يُرى "التلخيص" لسسلة تطورية في السلسلة التطور جنينية لأعضاء أخرى، كُلانا، على سبيل المثال. فخلال التطور الجنيني، يُكَوِّن الجنين البشري في الحقيقة ثلاثة أنواع مختلفة من الكلى، واحدة تلو الأخرى، مع نبذ أول اثنتين قبل أن تنشأ كلانا النهائية. وهاتان الكليتان المؤقتتان تماثلان اللتان نجدهما في النوعين الذين نشآ قبلنا في السجل الأحفوري: الأسماك عديمة الفك والزواحف، على التوالي، ما الذي يعنيه هذا؟

يمكنك الإجابة على هذا السؤال ظاهرياً كالتالي: يمر كل فقاري بالتطور الجنيني في سلسلة من المراحل، وهذه السلسلة من هذه المراحل يظهر مصادفة أنها تتبع السلسلة التطورية لأسلافه. لذا، فعلى سبيل المثال، تبدأ سحلية التطور الجنيني مشابهة سمكة جنينية، ثم لاحقاً قليلاً برمائياً جنينياً، وآخِراً زاحفاً جنينياً. تمر الثدييات بنفس السلسلة، لكن تُضيف المرحلة النهائية لثديي جنيني.

هذه الإجابة صحيحة، لكنها في النهاية تطرح مسائل أعمق. لماذا يحدث التطور الجنيني عادة بهذه الطريقة؟ لماذا لم يُزِل الانتخاب الطبيعي مرحلة "جنين السمكة" في التطور البشري، بما أن تركيب الذيل، والأقواس الخيشومية المشابهة للسمك، والجهاز الدوري المشابه للسمك لا يبدون ضروريين لجنين بشري؟ لماذا لا نبدأ ببساطة التطور الجنيني كبشر صغار_كما ظن بعض علماء الأحياء في القرن السابع عشر أننا نفعل_ وفقط نصير أكبر فأكبر حتى نولد؟ لماذا كل التحول وإعادة التنظيم؟

الإجابة المرجحة_وهي جيدة_تتضمن أن عندما يتطور نوع إلى آخر، فإن المتحدر يرث البرنامج التطور جنيني لسلفه، بما يعني: كل الجينات التي تشكل البنيوات السلفية. والتطور الجنيني هو عملية مقاومة للتغير جداً. فالكثير من البنيوات التي تتكون لاحقاً في التطور الجنيني تتطلب "تلميحات" كيميائي حيوية من السمات التي تنشأ أبكر. فإذا_على سبيل المثال_حاولت سمكرة الجهاز الدوري بإعادة تصميمه من بداية التطور الجنيني ذاتها، ربما تسبب كل أنواع الآثار الجانبية المؤذية، فإنه عادةً أسهل إلحاق تغيرات أقل عنفاً ببساطة على ما هو خطة تطور جنينية صحية وقاعدية. إنه أفضل للأشياء التي تطورت لاحقاً أن تُبرمَج على التطور الجنيني لاحقاً في الجنين.

يشرح مبدأ "إضافة جوهر جديد على القديم" هذا أيضاً لماذا تعكس سلسلة التغيرات التطور جنينية السلسلة التطورية للكائنات. عندما تنشأ مجموعة من أخرى، فهي عادة تضيف برنامجها التطور جنيني فوق القديم.

ملاحِظاً هذا المبدأ، صاغ عالم التطور الجرماني **Ernst Haeckel** والمعاصر لداروين "قانوناً نشوءَحياتيّ" في عام ١٨٦٦، أُجمِل على نحو شهير كـ "تلخيصات النشوء للنمو التطوري". هذا يعني أن التطور الجنيني لكائن ببساطة يعيد عرض تاريخه التطوري. لكن هذه الفكرة العامة صحيحة في معنى محدد فقط: لا تشابه المراحل الجنينية الأشكال الناضجة لأسلافها، كما ادعى **Haeckel**، بل تشابه الأشكال الجنينية لأسلافها. فالأجنة البشرية المتشكلة (بعد الشهر الثالث)_على سبيل المثال_لا تشابه البتة سمكاً أو زواحف ناضجة، بل يشابهون في نواح معينة الأسماك والزواحف الجنينية. أيضاً، فإن التلخيص ليس تاماً ولا حتمياً. ليس كل سمة لسلفٍ للجنين تظهر في متحدريه، ولا تتطور كل مراحل التطور الجنيني في ترتيب تطوري صارم. بالإضافة إلى ذلك، بعض الأنواع_كالنباتات_تستغني عن كل آثار سلفيتها تقريباً خلال تطورها الجنيني. لقد سقط قانون **Haeckel** في سوء السمعة ليس فقط لأنه ليس صحيحاً على نحو تام، بل أيضاً لأنه اتهم _على نحو ظالم إلى حد بعيد_بالتلاعب ببعض رسومات الأجنة المبكرة لجعلهم يبدون أكثر تشابهاً مما هم عليه حقيقةً. [(١٩)] إلا أننا

لا ينبغي أن ننبذ الجمل بما حمل. تظل الأجنة تُظهِر شكلاً من التلخيص: السمات التي نشأت أبكر في التطور غالباً ما تظهر أبكر في التطور الجنيني. وهذا يكون له منطق فقط لو كان للأنواع تاريخ تطوري.

وبعد، فأننا لسنا متأكدين بشكل مطلق لماذا تتذكر بعض الأنواع الكثير من تاريخها التطوري أثناء التنمي الجنيني. إن مبدأ "إضافة جوهر جديد على القديم" هو نظرية فحسب، تفسير لحقائق علم الأجنة. إنه من العسير إثبات أنه كان أسهل لبرنامج تطور جنيني أن يبدأ بسبيل معين بدلاً من آخر. لكن تبقى حقائق علم الأجنة، ويكون لها منطق فقط في ضوء التطور. تبدأ كل الفقاريات التطور الجنيني مشابهة لسمك جنيني لأننا كلنا تحدرنا من سلف شبيه بالسمك ذي أجنة شبيهة بالسمك. إننا نرى تعرجات غريبة واختفاآت أعضاءٍ، وأوعيةٍ دموية، وشقوقٍ خيشومية لأن المتحدرين لا يزالون يحملون جينات وبرامج الأسلاف التطور جنينية. وأيضاً سلسلة التغير التطور جنيني لها منطق: في إحدى مراحل التطور الجنيني يكون للثدييات جهازاً دورياً جنينياً كالذي للزواحف، لكننا لا نرى الحالة المعاكسة؟ لماذا؟ لأن الثدييات تحدرت من زواحف عتيقة وليس العكس.

عندما كُتِب (أصل الأنواع)، اعتبر داروين علم الأجنة أقوى أدلته على التطور. اليوم لكان على الأرجح أعطى أفضل مكانة للسجل الأحفوري. ومع ذلك، يستمر العلم في تكديس معالم آسرة عن التنمي الجنيني تدعم التطور. فالحيتان والدلافين الجنينية تُكَوِّن براعم أرجل خلفية، نتوآت نسيج، والتي في الثدييات رباعية الأرجل تصير الأرجل الخلفية. لكن في الثدييات البحرية يُعاد امتصاص البراعم بعد أن تتكون بقليل. تُظهر الصورة ١٨(في ملحق الصور) هذا الارتداد في التنمي الجنيني للدولفين المنقط.

إن الحيتان صفائحية الأسنان **Balen whales** التي تفتقد الأسنان لكن أسلافها كانت حيتاناً ذوي أسنان، تنمي أسناناً جنينية تختفي قبل الميلاد.

أحد حججي المفضلة من أدلة علم الأجنة على التطور هي الجنين البشري المتشكل (بعد الشهر الثالث) المكسو بالفراء. نحن معروفون على نحو شهير كـ "قرود جرداء" لأننا _على خلاف الرئيسيات الأخرى_ليس لدينا غطاء سميك من الشعر. لكن في الحقيقة لفترة قصيرة_كأجنة_ نفعل. فحوالي الشهر السادس بعد الحمل، نصير مغطين بالكامل بكسوة رقيقة زغباء من الشعر تدعى الزغب **Lanugo**. يتساقط الزغب عادة قبل شهر من الولادة تقريباً، عندما يُستبدَل بشعر موزع على نحو أكثر تناثراً والذي نولَد به. (رغم ذلك، فالأطفال الخدج أحياناً يولدون بزغب، والذي يتناقص خلال فترة وجيزة). الآن حيث أن ليس هناك حاجة لامتلاك جنين بشري لكسوة شعر مؤقتة، فمع ذلك إن الحرارة في الرحم هي ٣٧ درجة مئوية دفئاً. يمكن أن يُفسَّر الزغب فقط كبقايا

سلفيتنا الرئيسية: فإن الأجنة القردية المتشكلة أيضاً تنمي كسوة شعر في نفس مرحلة التنمي تقريباً. إلا أن شعرهم لا يتساقط، بل يستمر ليصير الكسوة الناضجة. وأجنة الحيتان المتشكلة_كالبشر_لديها أيضاً زغب، بقية من أسلافهم عندما عاشوا على الأرض.

المثال الأخير من البشر يأخذنا إلى مجال التخمين، لكنه أكثر جاذبية من أن نحذفه. إنه (رد الفعل الإمساكي) للأطفال المولودين حديثاً. إن دخلت على رضيع، ولاطفت راحتي يديه. سيُظهر الرضيع رد فعل انعكاسي بعمل قبضة حول إصبعك. في الحقيقة فإن الإمساك أكثر إحكاماً عن قدرة رضيع، فلا يمكنه استعمال يديه، ليتعلق عدة دقائق من عصا مكنسة. (تحذير: إياك أن تحاول عمل تجربة كهذه في المنزل!). ربما يكون رد الفعل الإمساكي_الذي يختفي بعد عدة أشهر من الميلاد_سلوكاً تأسلياً تماماً. فالقرود والقرود العليا لديهم نفس رد الفعل، لكنه يستمر خلال فترة الحداثة، ممكِّناً الصغار من التشبث بفرو أمهاتهم بينما يحملنهم هنا وهناك.

إنه لمن المحزن أنه بينما يقدم علم الأجنة كنزاً ذهبياً من الأدلة على التطور، غالباً ما تخفق الكتب الدراسية لعلم الأجنة في الإشارة إلى هذا. لقد قابلت أطباء ولادة_على سبيل المثال_يعرفون كل شيء عن الزغب عدا سبب ظهوره في المقام الأول.

كالسمات الغرائبية للتطور الجنيني، هناك أيضاً سمات غرائبية لبنيوات الحيوانات يمكن تفسيرها بالتطور فقط. هذه هي حالات (التصميم الرديء)

التصميم الرديء

في الفلم السينمائي المعرض للنسيان عادة "رجل السنة" **Man of the year** ، يلعب الممثل الكوميدي **Robin Williams** دور مضيف برنامج حوارات تلفزيوني، والذي خلال سلسلة من الأحداث العجيبة يصبح رئيس الولايات المتحدة. خلال نقاشٍ قبل الترشيح، تُسْأَل شخصية روبن وليامز بصدد التصميم الذكي. فيجيب: *"يقول الناس التصميم الذكي، ينبغي أن نُدرِّس التصميم الذكي. انظروا إلى جسد الإنسان، هل ذلك ذكي؟ لديك آلة معالجة نفاية متموضعة بجوار منطقة استجمام!"*

إنها إشارة جيدة، فرغم أن الكائنات المتعضية تبدو مصممة جيداً لتلائم بيئاتها، فإن فكرة التصميم الكامل وهم. كل نوعٍ معيب في عدة نواحٍ. فالكيوي لديه جناحان عديما الفائدة، والحوت لديه حوض أثري، وزائدتنا هي عضو شنيع.

ما أعنيه بـ(التصميم السيء) هو مفهوم أن الكائنات لو كانت من تصميمِ مُصَمِّمٍ_الذي استعمل قوالب البناء الحيوي من الأعصاب والعضلات والعظم وما إلى ذلك_لما كانت لديهم مثل هذه العيوب. التصميم الكامل كان سيكون حقاً علامة على مصمم ماهر وذكي. إن التصميم المعيب هو علامة التطور، في الحقيقة هو ما تتوقعه بالضبط من التطور. لقد تعلمنا أن التطور لا يبدأ من رسمِ تصميمٍ. تتطور الأجزاء الجديدة من القديمة، ويحتاج إلى العمل على الأجزاء التي قد نشأت من قبل فعلياً. بسبب هذا، ينبغي أن نتوقع تسويات: بعض السمات التي تعمل على نحو جيد تماماً، لكن ليس كما ينبغي لها، أو سمات_كجناحي الكيوي_لا تعمل على الإطلاق، لكنها بقايا تطورية.

مثال جيد للتصميم السيء هو سمك الـ **Flounder** المفلطح (سمك موسى،كمثال)، الذي تأتي شعبيته كسمك مأكول جزئياً من تسطحه، ما يجعله سهل نزع العظم. هناك حقيقة حوالي خمسمئة نوع من السمك المفلطح: الهلبوت، وسمك الترس، وسمك موسى، وأقربائهم. كلهم يوضعون في رتبة **Pleuronectiformes**. وهي كلمة تعني (السابحات جانبياً)، وصف هو الأساسي لتصميمهم البائس. تولد الأسماك المفلطحة كأسماك تبدو عادية تسبح رأسياً، مع عين متوضعة على كلا جانبي الجسد فطيري الشكل. لكن بعد ذلك بشهر، يحدث شيء غريب: تبدأ إحدى العينين في التحرك إلى الأعلى. إنها تهاجر على الجمجمة وتنضم إلى العين الأخرى على جانب واحد من الجسد، إما اليمين أو اليسار، تبعاً للنوع. تغيِّر الجمجمة شكلها أيضاً لتعزيز هذه الحركة، وهناك تغيرات في الزعانف واللون. في تناغم، تميل السمكة على جانبها الجديد عديم العين، نتيجة لهذا كلا العينين تصيران بالأعلى. إنها تصير ساكنة قاع البحر مسطحة مموهة تفترس الأسماك الأخرى. عندما تحتاج إلى السباحة، تقوم بذلك على جانبها. السمك المفلطح هو أشهر الفقاريات اللاامتماثلة الجانبين في العالم. خذ عينة المرة القادمة عندما تذهب إلى سوق السمك.

إن أردت أن تصمم سمكة مفلطحة، لما كنت فعلتها بتلك الطريقة. لكنت أنتجت سمكة تشبه المزلجة، مسطحة من الميلاد وتنام على بطنها، ليس واحدة تحتاج إلى إنجاز التسطح بالنوم على أحد جانبيها، محركة عينها، ومشوهة جمجمتها. لقد صُمِّمَت الأسماك المفلطحة على نحو رديء. لكن التصميم الرديء يأتي من ميراثهم

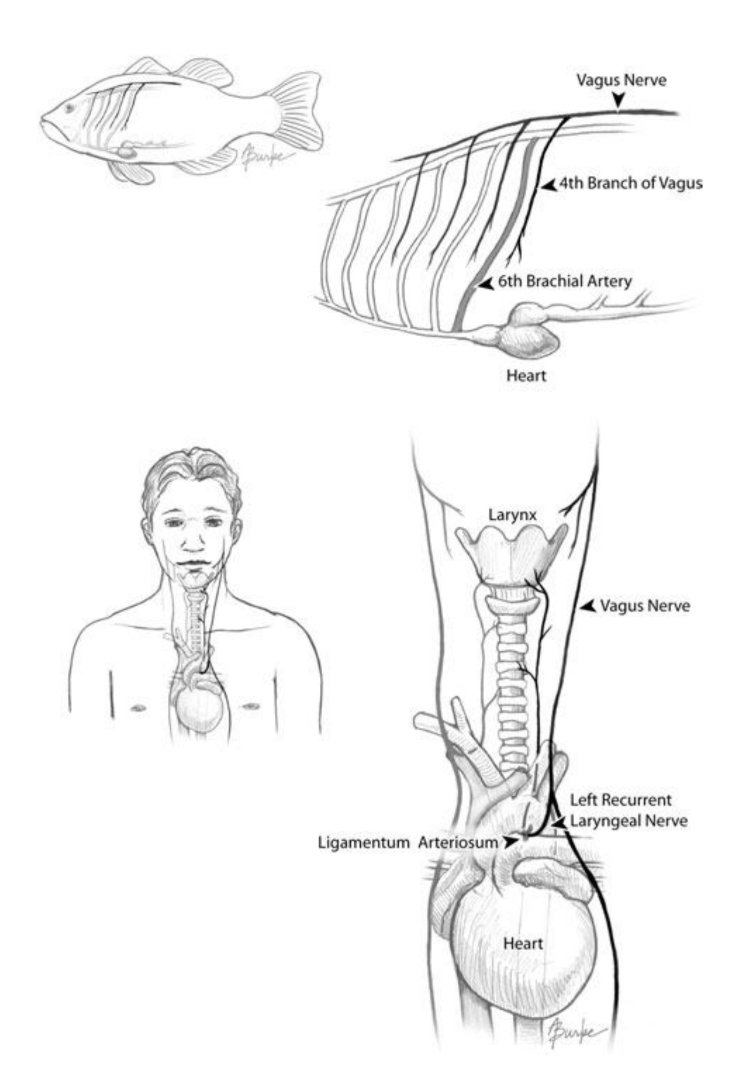
التطوري. إننا نعلم من شجرة عائلتهم أن الفلاوندر_ككل الأسماك_تطوروا من أسماك عادية متماثلة. بجلاء، لقد وجدوا أنه من المفيد الميل على جوانبهم والاضطجاع على قاع البحر، مخبئين أنفسهم من كلٍ من المفترِسين والفرائس. هذا_ بالتأكيد _خلق مشكلة: العين السفلى ستصير عديمة الاستعمال وسهلة الانجراح كلا الأمرين. لحل هذا، أخذ الانتخاب الطبيعي السبيل المتعرج لكنه المتاح لنقل عينها، هذا غير تشويه جسدها. (انظر صور ١٨ب في ملحق الصور)

إحدى أسوأ تصميمات الطبيعة نراه في العصب الحنجري المنعطف للثدييات. ممتداً من المخ إلى الحنجرة، يساعدنا هذا العصب على الكلام والابتلاع. الشيء الغريب أنه أطول بكثير مما يحتاج أن يكون. فبدلاً من مسلك مباشر من المخ إلى الحنجرة_مسافة حوالي قدم في البشر_يمتد العصب سفلاً إلى صدرنا، متحلقاً حول الشريان الأورطي ورباط ممتد من شريان، ثم يطوف عائداً علواً "يرجع" للاتصال بالحنجرة (الشكل التوضيحي ١٩). أنه يصل وطوله ثلاثة أقدام. في الزراف، يتخذ العصب مساراً مماثلاً، باستثناء أنه يسلك كل الطريق الذي للرقبة الطويلة سفلاً ثم يعود صعداً مجدداً: مسافة أطول بخمسة عشر قدماً عن المسلك المباشر.! عندما سمعت أول مرة عن هذا العصب الغريب، عانيت مشكلة في تصديق هذا. راغباً في الرؤية بنفسي، استجمعت شجاعتي لعمل زيارة إلى معمل تشريح بشري وفحصت أول جثة في حياتي. أراني أستاذ جامعي لطيف العصب، متتبعاً مساره بقلم رصاص نزولاً إلى الجذع وصعوداً راجعاً إلى الحنجرة.

هذا السبيل غير المباشر للعصب الحنجري المنعطف ليس تصميماً رديئاً فحسب، بل إنه تكيف رديء. لأن الطول الإضافي يجعله أكثر عرضة للانجراح. فيمكن له_كمثال_أن يتضرر بضربة على الصدر، جاعلاً التكلم أو البلع صعباً. لكن المسلك يصير له منطق عندما نفهم كيف نشأ العصب الحنجري المُعاوِد. كان في أسلافنا شبيهي الأسماك_مثل الشريان الأورطي نفسه في الثدييات_ينحدر من تلك الأقواس الخيشومية في الأجنة المبكرة الشبيهة بالسمك لكل الفقاريات، يمتد العصب من الأعلى إلى الأسفل جنباً إلى جنب مع الوعاء الدموي القوسي الخيشومي السادس، إنه قوس لأطول الأعصاب الجمجمية وهو العصب المبهم الذي يطوف على طول الظهر إلى المخ. وفي الأسماك الناضجة، يظل العصب في ذلك الوضع، واصلاً المخ إلى الخياشيم ويساعدها على ضخ المياه.

أثناء تطورنا، اختفى الوعاء الدموي من القوس الخامس، وتحركت الأوعية الدموية من الأقواس الرابع والسادس إلى الأسفل إلى الجذع المستقبلي، لكي يستطيعوا أن يصيروا الشريان الأورطي وشرياناً يصل الأورطي بالشريان الرئوي. لكن العصب الحنجري_الذي ما زال خلف القوس الخامس_يحتاج إلى البقاء متصلاً بالبنيوات

الجنينية التي تصير الحنجرة، البنيوات التي ظلت قرب المخ. لأن الشريان الأورطي المستقبلي تطور إلى الوراء اتجاه القلب، أجبر العصب البصري على التطور إلى الوراء جنباً إلى جنب معه. لكان اكثر فعالية للعصب الحنجري ان ينعطف حول الأورطي، متوقفاً ثم يعيد تشكيل نفسه في مسلك أكثر مباشرة، لكن الانتخاب الطبيعي لم يمكنه تحقيق ذلك، لأن فصل وإعادة وصل عصب هي خطوة تقلل الكفاءة. لمجاراة التطور الخلفي للأورطي، احتاج العصب الحنجري أن يصير طويلاً ومنعطفاً. وذلك السبيل التطوري يُلخَّص أثناء التنمي الجنيني، فعندما نكون أجنة نبدأ بنمط سلفي شبه سمكي للأعصاب والأوعية الدموية. في النهاية، نُترَك بتصميم رديء.



الشكل التوضيحي ١٩: المسلك الملتف للعصب الحنجري المنعطف الأيسر في البشر هو دليل على تطورهم من سلف شبيه بالسمك. في الأسماك فإن القوس الخيشومي السادس الذي يصير لاحقاً خيشوماً، يغذى بالقوس السادس الأورطي. يمتد القوس الرابع للعصب المبهم الجمجمي وراء هذا القوس.تظل هذه البنيوات جزئياً في الجهاز الخيشومي في الأسماك الناضجة، مُعَصِّبة

الخياشيم وجالبة الدم من الخياشيم. إلا أنه في الثدييات، تطور جزء من القوس الخيشومي إلى الحنجرة. ظلت الحنجرة وعصبها متصلين أثناء هذه العملية، لكن القوس السادس الأورطي على جانب الجسد الأيسر تحرك سفلاً إلى الصدر ليصير بقية لاوظيفية يدعى ligamentum arteriosum. لأن العصب الحنجري ظل خلف هذا القوس لكن لا زال باقياً متصلاً إلى البنية في الرقبة، فقد أُجبِر على تطوير مسلك يطوف سفلاً إلى الصدر، متحلقاً حول الأورطي وبقايا العصب السادس الأورطي. ثم يطوف راجعاً صعداً إلى الحنجرة. لا يعكس هذا السبيل غير المباشر تصميماً ذكياً، لكن يمكن أن يُفهَم فقط كنتاج تطورنا من أسلاف كان لها أجساد مختلفة جداً.

بالاتساق مع التطور، فإن أجهزة التكاثر البشري أيضاً مليئة بالسمات المجهزة بلهوجة. لقد تعلمنا من قبل أن الخصى الذكرية_نتيجة لتطورها من غدد تناسلية سمكية_تخلق نقاطاً ضعيفة في التجويف البطني يمكن أن تسبب حالات الفتق. الذكور أكثر تضرراً بعد بسب التصميم الرديء للإحليل، الذي يصادف أنه يمتد خلال غدة البروتستاتا تماماً التي تنتج بعضاً من سائلنا المنوي. كإعادة لصياغة كلام روبن ويليامز، إنه أنبوب قاذورات بالوعة يجري مباشرة خلال منطقة استجمام. يتعرض جزء كبير من الذكور لتضخم البروتستاتا متأخراً في حيواتهم، مما يضغط على الإحليل ويجعل التبول عسيراً ومؤلماً. (من المحتمل أن هذه لم تكن مشكلة خلال معظم تطور البشر، حين عاش القليل من البشر حتى الثلاثين). لم يكن مصمم ذكي ليضع قناة قابلة للانهيار خلال عضو عرضة للعدوى والتورم. لقد حدث هذا بهذه الطريقة لأن غدة البروتستاتا الثديية تطورت من أنسجة في جدران الإحليل.

لا يحدث للنساء ما هو أفضل. فهن يلدن من خلال الحوض، وهي عملية مؤلمة وغير كفأة كانت_قبل الطب الحديث_تقتل عدداً يمكن تقديره من الأمهات والأطفال الرضع. المشكلة هي أننا حين طورنا دماغاً كبيرة، صارت رأس الجنين أكبر بكثير بالنسبة إلى فتحة الحوض، والتي احتاجت إلى أن تظل ضيقة لتمكِّن من مشي منتصب (على رجلين) كفء. أدت هذه التسوية إلى صعوبات الولادة البشرية وألمها الشنيع. إن صممتَ أنثى بشرية، ألم تكن لتعيد توجيه جهاز التكاثر الأنثوي بحيث يخرج الطفل من خلال أدنى البطن بدلاً من الحوض. تخيل كم كانت ستكون الولادة أسهل! لكن البشر قد تطوروا من كائنات وضعت البيض ثم وضعت مواليد حية_بطريقة أقل ألماً منا_من خلال الحوض. إننا مقيدون بتاريخنا التطوري.

وهل كان مصمم ذكي سيخلق الفجوة الصغيرة بين المبيض البشري وقناة فالوب، نتيجةً لذلك يجب أن تعبر البيضة هذه الفجوة قبل أن يمكنها الانتقال خلال القناة والانغراس في الرحم؟ أحياناً لا تقوم بيضة ملقحة بالقفزة بنجاح وتنغرس في البطن. هذا يسبب (الحمل البطني)، وهو دوماً تقريباً مميت للطفل و_إذا لم يتم

التدخل الجراحي_للأم. هذه الثغرة هي بقية من أسلافنا السمك والزواحف، الذين طرحوا البيض من الرحم مباشرة إلى خارج إجسادهم. قناة فالوب هي رابط معيب، لأنها تطورت لاحقاً، كإضافة في الثدييات. (٢٠)

يجيب بعض الخلقيين بأن التصميم الرديء ليس برهاناً على التطور. ذلك أن مصمماً ذكياً فائقاً للطبيعة يمكن أنه قد خلق مع ذلك سمات معيبة. يدعي نصير التصميم الذكي **Michael Behe** في كتابه (الصندوق الأسود لداروين): *"السمات التي تدهشنا كغريبة في تصميم ربما وُضِعَت هناك من قِبَل مصمّمٍ لسبب، لأسباب فنية، للتنوع، للتباهي، لأغراض_مع ذلك_عملية غير غير ممكن اكتشافها، أو لأسباب غير ممكن تخمينها، وربما لا تكون كذلك."* لكن هذا يفتقد الحجة. أجل، قد يكون لمصمّمٍ أفكار لا يمكن سبر أغوارها. لكن التصميمات الرديئة المعينة التي نراها لها منطق فقط لو كانت تطورت من صفات أسلاف أقدم. إن كان لمصمم أفكار قابلة للإدراك عند خلق الأنواع، فلابد أن إحداها بالتأكيد هو خداع علماء الأحياء بعمل كائنات تبدو كما لو كانت تطورت.

الفصل الرابع

الجغرافيا الحيوية أو انتشار الكائنات

"عندما كنت أعمل كمتخصص في التاريخ الطبيعي، على متن السفينة بيجل التابعة لخدمة جلالــة الملكــة، ذُهِلت بشدة مع بعض الحقائق المتعلقة بتوزيع الكائنات التي تستوطن أمركا الجنوبيــة، والمتعلقــة بالعلاقــات الجيولوجية الخاصة بالقاطنين في الحاضر والماضي لهذه القارة. وهذه الحقائق _كما سنرى في الفصول الأخــيرة من هذا المجلد_بدت وكأنها تلقي بعض الضوء على نشأة الأنواع الحية، وهو "سر الأسرار" كما قد أطلق عليه أحد أعظم فلاسفتنا."

تشارلز داروِن، عن أصل الأنواع

بعض أكثر الأماكن عزلة على الأرض هي الجزر البركانية المعزولة للمحيطات الجنوبية. أحداها هي جزيــرة القديسة هيلينة، بمنتصف الطريق بين إفريقيا وأمركا الجنوبية. حيث قضى نابليون بعيداً آخر خمس سنوات من حياته في الأسر البريطاني، منفياً من موطنه فرنسا. إلا أن الجزر الأكثر شهرة لعزلتــها هــو أرخبيــل **Juan Fernandez**، أربع بقع صغار من الأرض مجموع مساحتهم حوالي أربعون ميلاً مربعاً وتقع على بعد أربعمئة ميل غربي شيلي. لأن على واحدة من هؤلاء عاش **Alexander Selkirk** _روبنسن كــروز **Robinson Crusoe** الواقعي_مدة سجنه الانفرادي كمنبوذ.

وُلِد **Alexander Selcraig** في عام ١٦٧٦م، وكان **Selkirk** إسكتلندياً حاد المزاج، الــذي صــار إلى البحر في ١٧٠٣ كرئيس للملاحين للــ **Cinque Ports**، سفينة مسلحة بريطانية فوضت لــسرقة الــسفن الإسبانية والبرتغالية.

قلِقاً من طيش قبطانه ذي الواحد وعشرين عاماً والحالة الرديئة للسفينة، أمر Selkirk أن يوضع على الشاطئ، آملاً ان يُنقَذ في حينه، عندما توقفت Cinque Ports لأجل الطعام والماء عند جزيرة Mas a Tierra في مجموعة Juan Fernandez. أُكرِه القبطان، وصار Selkirk بالاختيار ملقى على الجزيرة، آخذاً إلى الشاطئ الثياب فقط، وفراشاً، وبعض الأدوات، وبندقية ذات صوانة، وتبغ، وغلاية، والكتاب المقدس. هكذا بدأت أربع سنوات ونصف من العزلة.

كان أرخبيل Juan Fernandez غير مأهول، وبالإضافة إلى Selkirk كانت الثدييات الوحيدة هي الماعز والفئران والقطط، كلهم قد جُلبوا من قِبَل بحارة أقدم. لكن بعد فترة أولية من الوحدة والكآبة، تكيف مع ظروفه، صائداً الماعز والمحار، آكلاً الفواكه والخضراوات التي زرعها أسلافه، عاملاً ناراً بحك عصي ببعضها، مصمماً ثياباً من جلد الماعز، وراداً الفئران بتربية هررة لمشاركته مسكنه.

أُنقِذ Selkirk آخر الأمر في عام ١٧٠٩ من قِبل سفينة بريطانية، مُدارة_على نحو غريب كفاية_من قِبَل ربان سفينة Cinque Ports القديمة. كان الطاقم مروعاً بالرجل الوحشي في جلد الماعز، الذي كان وحيداً لفترة طويلة لدرجة أن إنجليزيته كانت تُفهَم بشق الأنفاس. بعد المساعدة على إعادة تزويد السفينة بالفواكه ولحم الماعز، ركب Selkirk وقطع الطريق عودته إلى إنجلترا. حيث انضم إلى كاتب لإنتاج رواية شعبية عن مغامراته، وهي رواية (الرجل الإنجليزي)، التي يُقال أنها ألهمت رواية Daniel Defoe (روبنسن كروز) [٢١] . إلا أن Selkirk لم يقدر أن يتكيف على الحياة المستقرة على البر. وعاد إلى البحر في عام ١٧٢٠م، ومات بالحمى بعد سنة بعيداً عن الساحل الإفريقي.

مصادفات الوقت والشخصية صنعت قصة Selkirk. لكن المصادفة هي أيضاً درس قصة أعظم: قصة القاطنين غير البشريين لأرخبيل Juan Fernandez والجزر الأخرى المشابهة لها. إذ رغم أن Selkirk لم يعرف هذا، فإن جزيرة Mas a Tierra (تدعى اليوم جزيرة Alejandro Selkrik) كانت مأهولة بمتحدري مطروحين أقدم. نباتات وطيور وحشرات_كروبنسن كروز_وجدت طريقها إلى الجزيرة بالمصادفات منذ آلاف السنوات قبل Selkirk. بجهلٍ، كان يعيش في معمل تغير تطوري.

اليوم، فإن الجزر الأربعة لأرخبيل Juan Fernandez هم متحف حي للنباتات والحيوانات النادرة والغريبة، مع العديد من الأنواع المتوطنة، التي لا توجد في أي مكان آخر في العالم. من بينهم خمسة أنواع من

الطيور (يتضمنون طناناً ضخماً ذا طول خمس بوصات بني محمر، طائر تـاج النـار المـثير والمعـرض لخطـر الانقراض)، و١٢٦ نوعاً من النباتات (يتضمنون أفراداً غريبين من أسرة زهرة تباع الشمس)، وفقمة مكسوة بالفرو، وحفنة من الحشرات. لا منطقة مشابهة للمقارنة في أي مكان بالعالم بها هـذه الكثـرة مـن الأنـواع المتوطنة. إلا أن الجزر جديرة بالملاحظة بنفس الدرجة لأجل ما تفتقده: إنها لا تؤوي نوعاً محلياً واحـداً مـن البرمائيات والزواحف والثدييات، المجموعات التي هي شائعة على القارات في كل العالم. هـذا الـنمط مـن أشكال الحياة المتوطنة الغريبة والمزهرة، مع غياب الكثير من المجموعات الرئيسية على نحو مدهش، يتكرر مراراً وتكراراً على الجزر المحيطية. و_كما سنرى_يعطي هذا النمط دليلاً مدهشاً على التطور.

لقد كان دارون هو أول من نظر بإمعان إلى هذه الأنماط. من خلال رحلاته شاباً على سـفينة البيجـل وثم مراسلاته الغزيرة مع العلماء ومتخصصي التاريخ الطبيعي، أدرك أن نظرية التطور ضرورية ليس فقط لـشرح أصول وضروب النباتات والحيوانات بل كذلك توزعاتهم على الكرة الأرضية. طرحت هذه التوزعات الكثير من الأسئلة. فلماذا للجزر المحيطية مثل تلك الحياة النباتية والحيوانات المحلية الغريبة وغير المتوازنة، مقارنة مـع المجموعات القارية؟ لماذا كل ثدييات أستراليا المحلية جِرابية، بينما تسود الثدييات المشيمية باقي العـالم؟ ولـو كانت الأنواع قد خُلِقَت، فلماذا يزود الخالق بمناطق متباعدة لها مناخ وتضاريس متشابهة_كصحروات إفريقيا والأمريكتين_ذوات أنواع متشابهة ظاهرياً في الشكل، إلا أنها تُظهر اختلافات أكثر جذرية أخرى؟

متفكرين في هذه الأسئلة، وضع آخرون أقدمون قبل دارون أساس فرضيته الفكرية. وهو أمر اعتبره هامـاً للغاية لدرجة أنه يشغل فصلين كاملين من (أصل الأنواع). يُعتبَر هذان الفصلان عادةً الوثيقة المؤسِّسة لمجـال علم الجغرافيا الحيوية: دراسة توزع الأنواع على الأرض. وتفسيرهما التطوري لجغرافيا الحياة قـووم بـشكل واسع عندما اقتُرِح أول مرة، وقد صُقِل ودُعِم بجيش من الدراسات اللاحقة. الدليل الجغرافي الحيـوي اليـوم قوي للغاية لدرجة أني لم أرَ قط كتاباً خلقياً أو مقالاً أو محاضرة حاولت دحضه. يزعم الخلقيـون ببـساطة أن الأدلة لا توجد.

على نحو ساخر، فإن جذور علم الجغرافيا الحيوية توجد بعمق في الدين. فإن أقدم "اللاهوتيين الطبيعيين" قد حاولوا تشويف كيفية إمكان التوفيق بين توزع الكائنات مع رواية سفينة نوح في سفر التكوين من التـوراة. لقد تُصُوِرت كل الحيوانات الحية كأنسال الأزواج التي أخذها نوح على متن السفينة، الأزواج التي هـاجرت إلى أماكنها الحالية من مكان رسو السفينة بعد الطوفان (حسب التقاليد الدينية قرب جبل أرارات في تركيـا).

لكن هذا التفسير به مشكلة جلية: فكيف اتخذ الكانجارو وديدان الأرض الضخمة طريقهما عبر المحيط إلى موطنهم المعاصر في أستراليا؟ وألم يكن زوج الأسود سيصنعان سريعاً من الظباء وجبة؟ وعندما استمر علماء التاريخ الطبيعي في اكتشاف أنواع جديدة من النباتات والحيوانات أدرك حتى المؤمن الأكثر ثباتاً أن لا فُلك بأية حال يمكنه حملهم كلهم، ناهيك عن طعامهم ومائهم لرحلة ستة أسابيع.

لذا قامت نظرية أخرى: عن عمليات خلق متعددة انتشرت على سطح الأرض. في منتصف القرن التاسع عشر، أكد عالم الحيوان السويدي الشهير **Louis Agassiz**_حينئذ بجامعة **Harvard**_أن: *"ليس فقط الأنواع غير متغيرة وثابتة، بل وكذلك توزعاتهم، حيث كلٌّ بقي عند أو قرب موقع خلقه."* . لكن العديد من التقدمات العلمية جعلت هذه الفكرة غير ممكن الدفاع عنها، خاصة ازدياد عدد المتحجرات الداحضة لادعاء أن الأنواع "غير متغيرة وثابتة". وبدأ علماء طبقات الأرض كـ **Charles Lyell**_صديق دارون وناصحه المخلص_في إيجاد الأدلة على أن الأرض ليست فقط قديمة جداً، بل وفي تغير متواصل. في رحلة سفينة البيجل، اكتشف دارون نفسه متحجرات أصداف بحرية عالياً في جبال الأنديز، مبرهنة أن ما هو اليوم جبل كان قديماً تحت الماء. فالأراضي يمكن أن ترتفع أو تغرق، والقارات التي نراها اليوم ربما كانت أكبر أو أصغر في الماضي. وكان هناك تلك الأسئلة عن توزعات الأنواع. لماذا الحياة النباتية لجنوبي أفريقيا مماثلة للغاية للتي في جنوبي أمركا الجنوبية؟ اقترح بعض علماء الأحياء أن كل القارات كانت قديماً متصلة عن طريق جسور برية ضخمة. (تذمر دارون لـ **Lyell** أن هذه الجسور تُصُوِّرَت "بنفس سهولة طبخ طاهٍ لفطائر محلاة")، لكن لم يوجد دليل على أنها قد وُجِدت قط.

للتعامل مع هذه العقبات، اقترح دارون فرضيته الخاصة. فادعى أن توزعات الأنواع تُفسَّر ليس بالخلق، بل بالتطور. إن كان للنباتات والحيوانات طرق للتشتت على مسافات كبيرة ويمكن لهم التطور إلى أنواع جديدة بعد تشتتهم، فمن ثم هذا_بالإضافة إلى بعض التغيرات القديمة في الأرض،كعصور الامتداد الجليدي_يمكنه أن يفسر الكثير من سمات الجغرافيا الحيوية التي حيرت أسلافه.

لقد اتضح أن دارون صائب، لكن ليس على نحو كامل. صحيح أن الكثير من الحقائق بصدد الجغرافيا الحيوية يكون له منطق لو افترض المرء التشتت والتطور وتغير الأرض. لكن ليس كل الحقائق، فالطيور غير الطائرة الكبيرة كالنعام والرية ووالإيمو تظهر على الترتيب في إفريقيا وأمركا الجنوبية وأستراليا. إن كان لهم كلهم سلف مشترك غير طائر، فكيف يمكن بأية حال أن يتشتتوا بهذا الاتساع؟ ولماذا يتشارك شرقي الصين

وشرقي أمركا الشمالية_وهما منطقتان متباعدتان باتساع_نباتات كأشجار التوليب والكرنب المنتن المستنقعي، التي لا تظهر في الأراضي الفاصلة؟

نحن اليوم نعرف الكثير من الإجابات على ما فات دارون قديماً، بفضل تقدمين لم يكن يمكنه تخيلهما: الجرف القاري، وعلم التصنيف الجزيئي الحيوي. لقد أدرك دارون أن الأرض قد تغيرت عبر الزمن، إلا أنه لم يكن لديه فكرة عن كيفية حدوث أغلب التغير حقيقةً. منذ ستينيات القرن العشرين، علم العلماء أن الجغرافيا الماضية للعالم كانت مختلفة جداً عن التي للحاضر، كقارةٍ أم كبيرة تزحزحت، كانت متحدة فيها كل القارات، ثم انفصلت إلى أجزاء. [٢٢]

وبدءً منذ حوالي أربعين عاماً، راكمنا المعلومات من تسلسلات الحمض النووي والبروتين التي تخبرنا ليس فقط العلاقة بين الأنواع، بل وكذلك الأوقات التقريبية عندما اختلفا من أسلاف مشتركة. تتنبأ النظرية التطورية_والمعطيات تؤيِّد_بفكرة أن عندما تنفصل أنواعٌ عن أسلافها المشتركة، تتغير تسلسلات أحماضها النووية في نمط خط مستقيم تقريباً خلال الزمن. يمكننا استعمال هذه (الساعة الجزيئية) مقوَّمة مع الأسلاف المتحجرة للأنواع الحية لتقدير أزمنة الانفصالات للأنواع التي لها سجلات أحفورية متواضعة.

مستعملين هذه الساعة الجزيئية، يمكننا ملاءمة العلاقات التطورية بين الأنواع مع التحركات المعروفة للقارات، إضافة إلى تحركات الأنهار الجليدية وتشكل جسور برية حقيقية مثل برزخ بنما. هذا يخبرنا ما إذا كانت نشوآت الأنواع متفقة مع نشأة القارات والمواطن الجديدة. هذه الابتكارات الجديدة قد حولت علم الجغرافيا الحيوية إلى قصة كشفية عظيمة: مستعملين أدوات متنوعة وحقائق تبدو ظاهرياً غير مترابطة، يستطيع علماء الأحياء أن يستنتجوا لماذا تحيا الحيوانات حيث تفعل. فنحن نعلم اليوم_كمثال_أن التشابهات بين نباتات أفريقيا وأمركا الجنوبية ليس مفاجئاً، لأن أسلافها استوطنت قديماً قارة أماً _تدعى Gondwana_انفصلت إلى قطع عديدة (هي الآن أفريقيا وأمركا الجنوبية والهند ومدغشقر والقطب الجنوبي) منذ حوالي ١٧٠ مليون سنة.

إن كل مقدار ضئيل من العمل الكشفي الجغرافي حيوي يُكتشَف أنه تأييد لحقيقة التطور. لو لم تتطور الأنواع، لما كان لتوزعهم على الأرض_سواء الأحياء أو المتحجرات_منطق. سننظر أولاً إلى الأنواع التي تعيش على القارات، ثم التي تعيش على الجزر، لأن هذه المناطق المتباعدة تقدم نوعين مختلفين من الأدلة.

القارات

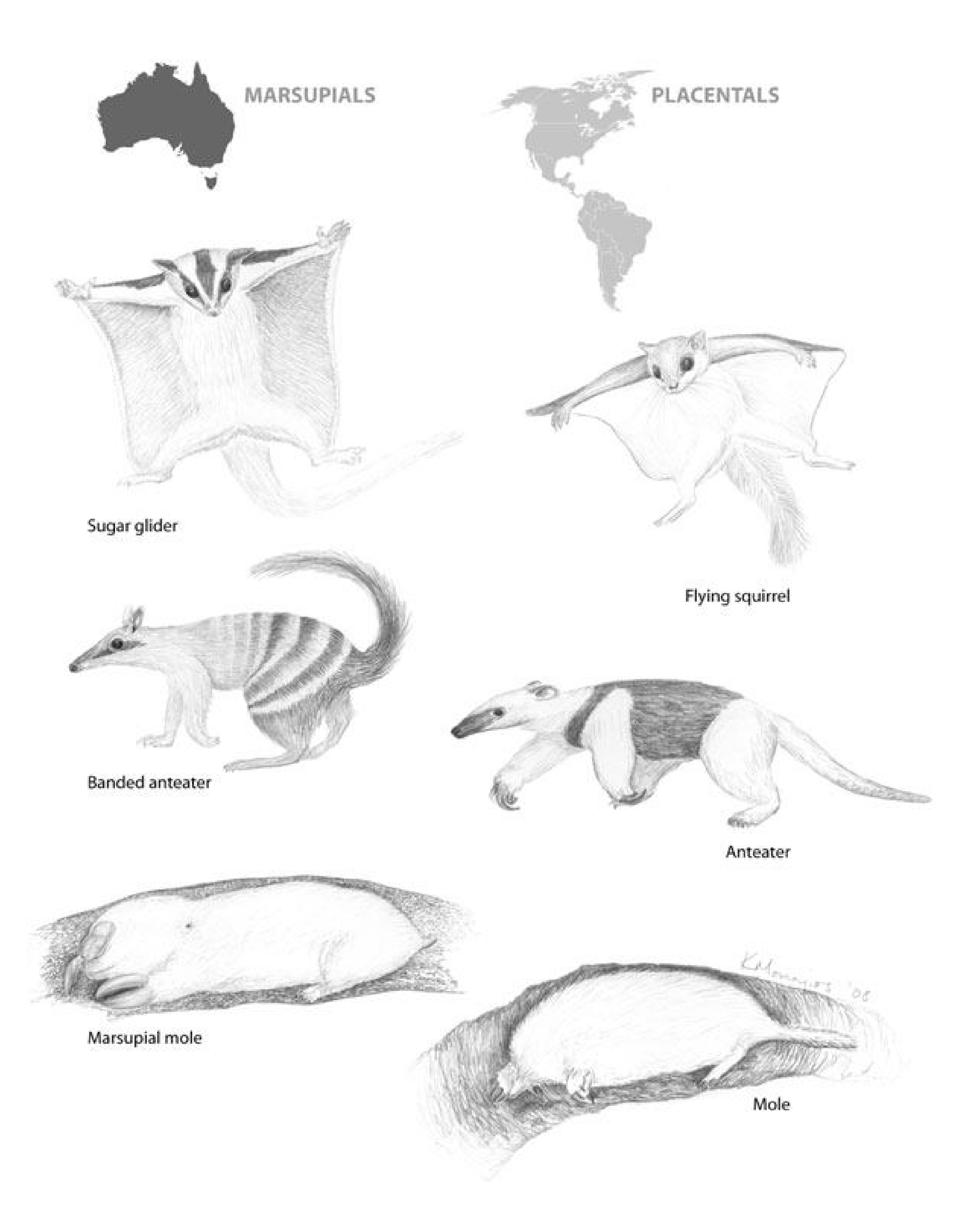
فلنبدأ مع ملاحظة واحدة تدهش أي واحد يسافر كثيراً. إن ذهبت إلى منطقتين متباعدتين لهما تـــشابهات في المناخ والتضاريس، تجد أنماطاً مختلفة من الحياة. خذ الصحارى كمثال. الكثير من نباتات الصحراء ريانـــة: أي تُظهر مجموعة تكيفية من السمات التي تتضمن سوقاً عريضة لحمية لتخزين المياه، وأشواك لـــردع الملتـــهمين، وأوراق صغيرة أو غير موجودة لتقليل فقد المياه. إلا أن الصحارى المختلفة لها أنواع مختلفة من النباتات الريانة (أو العصارية او الماصة). ففي أمركا الشمالية وأمركا الجنوبية، النباتـــات الماصـــة هـــي أعـــضاء في أســـرة الصباريات، أما صحراوات آسيا وأستراليا وأفريقيا، فليس هناك صباريات محلية، وتنتمي النباتات الماصـــة إلى أسرة مختلفة تماماً، هي القربيونيات **euphorbs**. يمكنك معرفة الاختلاف بين نوعي النباتات الماصة بزهورهـــا ونسغها، والتي هي صافية ورطبة في الصباريات أما في القربيونيات فلبنية ومرة. إلاّ أنه رغم هذه الاختلافـــات الأساسية، يمكن أن تبدو الصباريات والقربيونيات متشابهة جداً. إن لدي كلا النوعين ينمـــوان علـــى عتبـــة النافذة، والزائرون لا يمكنهم تمييزهم دون قراءة بطاقاتهم.

لماذا سيضع خالقٌ نباتات مختلفة جذرياً، لكن تبدو متشابهة، في مناطق مختلفة من العالم تبدو متطابقـــة بيئيـــاً؟ ألن يكون أكثر منطقية وضع نفس أنواع النباتات في المناطق ذوات نفس نط التربة والمناخ؟

ربما تجيب بأن: رغم أن الصحراوات تبدو متشابهة، إلا أن المَواطن تختلف في نواحٍ دقيقة لكنها هامة، وقـــد خُلِقت الصباريات والقربيونيات لتكون أفضل تلاؤماً مع بيئاتهم الخصوصية. إلا أن هذا التفسير لا يصلح، إذ عندما جُلبت الصباريات إلى صحراوات العالم القديم_حيث لا يوجدون فيها على نحو طبيعي_عاشوا على نحو جيد جداً. فعلى سبيل المثال، جُلِب صبار   التين الشوكي إلى أستراليا في أوائل القرن التاسع عشر، حيـــث زرعه المستعمرون لاستخلاص صبغ أحمر من الخنفساء القرمزية المتغذية على النبات (هذا هو الـــصبغ الـــذي يعطي اللون القرمزي الغامق للسجادات الإيرانية). بحلول القرن العشرين، انتشر   التين الشوكي بـــسرعة شديدة إلى درجة أنه صار وباء خطراً، مدمراً آلاف الهكتارات من الأراضي الزراعية ودافعاً إلى برامج إبـــادة عنيفة وغير مجدية. كُبِح النبات في آخر الأمر في عام ١٩٢٦ بجلب العثـــة **Cactoblastis**، والـــتي تتغـــذى يرقاتها على الصباريات، وهو واحد من أوائل وأنجح الأمثلة على التحكم الحيوي. فمن غير ريـــب يـــستطيع صبار   التين الشوكي، الازدهار في أستراليا، رغم أن النباتات الماصة المحلية هي قربيونيات.

إن أشهر مثال لأنواع مختلفة تشغل أدواراً متشابهة، يتضمن الثدييات الجِرابية_التي توجد الآن بشكل رئيسي في أسترالي (أوبوسوم ڤيرجينيا هو استثناء مألوف)_والثدييات المشيمية التي تسود باقي العالم. تُظهر المجموعتان المختلفتان اختلافات تشريحية هامة، أكثرها جدارة بالذكر هو أجهزتهم التناسلية (فكل الجِرابيات تقريباً لديها أكياس وتلد صغاراً غير متنمية للغاية، بينما للمشيميات مشايم تُمكِّن الصغير من الانولاد في مرحلة أكثر تقدماً). ومع ذلك، ففي نواحٍ أخرى بعض الجِرابيات والمشيميات متشابهة على نحو مذهل. فهناك خلدان جرابية حفارة تبدو وتتحرك تماماً مثل الخلدان المشيمية، وفئران جرابية تشابه الفئران المشيمية، والمتزلق الجرابي **marsupial sugar glider** الذي يتزلق من شجرة إلى أخرى تماماً مثل سنجاب طائر، وآكلو نمل جرابيون يعملون بالضبط ما يقوم به آكلو النمل الشمال أمركيين. (الشكل التوضيحي ٢٠)

مجدداً يجب أن يتساءل المرء: إن كانت الحيوانات خُلِقت خلقاً خصوصياً مستقلاً، فلماذا سيُنتج الخالق على القارات المختلفة حيوانات مختلفة على نحو جذري والتي رغم هذا تبدو وتتحرك على نحو متشابه للغاية؟ إن هذا ليس لأن الجِرابيات أقوى على نحو متأصل من المشيميات في أستراليا، لأن الثدييات المشيمية المجلوبة قد عاشت جيداً للغاية هناك. فالأرانب المجلوبة_كمثال_هي بمثابة وباء خطير في أستراليا إلى درجة أنها قد حلت محل جرابيات محلية مثل الـ **bilby** (ثديي صغير ذي أذنين طويلتين على نحو رائع). للمساعدة على تمويل إبادة الأرانب، يدير المنادون بصيانة الطبيعة حملة لاستبدال أرنب عيد الفصح بـ **bilby** عيد الفصح، حيث كل ربيع تمتلئ أرفف الأسواق المركزية بالـ **bilbies** البنية.



الشكل ٢٠: التطور التقاربي في الثدييات. آكلو نمل ومتزلقون صغار وخلدان جرابية marsupial تطـورت في أسـتراليا، مستقلة عن مكافآتها المشيمية placentals في الأمريكتين، إلا أن أشكالهم متشابهة على نحو رائع.

لم يقدم أي خلق_سواء من مذهب تنوع ركاب سفينة نوح أو غير ذلك_تفسيراً معقولاً لسبب كون الأنواع المختلفة من الحيوانات لها أشكال متشابهة في الأماكن المختلفة. كل ما يستطيعون فعله هو الاستناد إلى الأهواء الغامضة للخالق. لكن التطور يفسر حقاً هذا النمط بالاستناد على عملية معروفة جدياً تدعى بالتطور المتلاقي أو المتقارب. إنها بسيطة للغاية في الحقيقة. إن الأنواع التي تعيش في مواطن متشابهة ستعاني ضغوطاً انتخابية متشابهة من بيئاتهم، لذا فسوف يطورون تكيفات متشابهة، أو متقاربة، صائرين يبدون ويتصرفون على نحو متشابه للغاية رغم كونهم غير أقارب. إلا أن هذه الأنواع تظل محتفظة باختلافات أساسية تعطي معلومات عن سلفياتهم البعيدة. (مثال شهير على التطور المتقارب هو التلون الأبيض التمويهي الذي يتشارك فيه حيوانات قطبية متنوعة كالدب القطبي والبومة ثلجية البياض والذئب القطبي). لقد استعمر سلف الجرابيات أستراليا، بينما سادت المشيميات باقي العالم. وكلٌ من المشيميات والجرابيات تنقسم إلى تشكيلة من الأنواع، وتلك الأنواع قد تكيفت مع بيئات متنوعة. لو بقيت وتكاثرت أفضل لأنك تحفر تحت الأرض، سيقلص الانتخاب الطبيعي عينيك ويزودك بمخالب حفر كبيرة، سواء كنت مشيمياً أم جرابياً. لكنك ستظل تحتفظ ببعض السمات المميزة لأسلافك.

تُظهر الصباريات والقربيونيات كذلك صفات متقاربة. لقد استعمر سلف القربيونيات العالم القديم، وسلف الصباريات الأمريكتين. هذه الأنواع التي صادف أن تنتهي إلى الصحراء طورت تكيفات متشابهة: إن كنت نباتاً في مناخ جاف، فمن الأفضل أن تكون خشناً وعديم الأوراق، ذا ساق غليظة لخزن المياه. هكذا صاغ الانتخاب الطبيعي القربيونيات والصباريات إلى أشكال متشابهة.

يبرهن التطور التقاربي على ثلاثة أجزاء من النظرية التطورية تعمل سوياً: السلفية المشتركة، والاستنواع، والانتخاب الطبيعي. إن السلفية المشتركة هي السبب لكون الجرابيات الأسترالية تتشارك بعض الصفات (على سبيل المثال، للإناث مهبلان ورحم مضاعف)، بينما تتشارك الثدييات المشيمية صفات مختلفة (على سبيل المثال، مشيمة طويلة البقاء وغدد لبنية). أما الاستنواع فهو العملية التي بها يؤدي كل سلف مشترك إلى نشوء الكثير من المتحدرين المختلفين. والانتخاب الطبيعي يجعل كل كائن متكيفاً جيداً مع بيئته. جامعين كل هذا، مضيفين عليه حقيقة أن مناطق العالم المختلفة يمكن أن يكون بها مواطن متشابهة، نتحصل على حقيقة التطور التقاربي، وتفسير بسيط لنمط جغرافي حيوي كبير.

أما بالنسبة لكيفية وصول الجرابيات إلى أستراليا، فذلك جزء من قصة تطورية أخرى. وهي تؤدي إلى تنبؤ قابل للاختبار. إن أقدم الجرابيات _عمرها حوالي ثمانين مليون سنة_لا توجد في أستراليا بل أمركا الشمالية. عندما نشأت الجرابيات، انتشرت باتجاه الجنوب، واصلة إلى ما هو الآن الرأس المستدق لأمركا الجنوبية منذ حوالي أربعين مليون سنة. وفعلت الجرابيات نفس الأمر مع أستراليا بعد حوالي عشرة ملايين سنة لاحقة، حيث شرعوا في التنوع إلى المئتي نوع غريب التي تعيش هناك اليوم.

لكن كيف استطاعوا عبور القطب الجنوبي؟ الإجابة هي أنه لم يكن قد وُجِد بعد. فعند وقت اجتياح الجرابيات، كانت أمركا الجنوبية وأستراليا متصلتين كجزء من جنوبي القارة الأم **Gondwana**. لقد كانت هذه المساحة الواسعة من الأرض قد بدأت فعلياً في الانفصال، متفككة لتشكل المحيط الأطلسي، إلا أن رأس أمركا الجنوبية كان لا يزال متصلاً بما هو الآن القارة القطبية الجنوبية، التي كانت بدورها متصلة بما هو اليوم أستراليا (الشكل التوضيحي ١٢).

وبما أن الجرابيات قد احتاجت إلى المضي براُ من أمركا الجنوبية، فلابد انهم قد عبروا عبر ما هو اليوم قارة القطب الجنوبي. لذا نستطيع التنبؤ بهذا: ينبغي أن يكون هناك جرابيات متحجرة على القارة القطبية تؤرخ بما بين ٣٠ و٤٠ مليون سنة ماضية تقريباً.

كانت هذه الفرضية قوية كفاية لتقود العلماء إلى القارة القطبية الجنوبية، باحثين عن متحجرات جرابيات و_بتأكد كافٍ_وجدوها: أكثر من اثني عشر نوعاً من الجرابيات (تُعرِف عليها من خلال أسنانها وفكوكها المميزة). اكتُشُفت على جزيرة **Seymour Island** بعيداً عن شبه الجزيرة القطبية الجنوبية. هذه المنطقة كانت تقع تماماً على الطريق العتيق الخالي من الثلج بين أمركا الجنوبية والقارة القطبية الجنوبية. والمتحجرات هي في العصر الصحيح تماماً: عمرها بين ٣٥ و٤٠ مليون سنة. بعد اكتشافٍ في عام ١٩٨٢م، كان عالم متحجرات القطب الجنوبي **William Zinsmeister** مبتهجاً: *"لسنوات وسنوات اعتقد الناس أن الجرابيات لابد أن تكون هناك. هذا يربط بين كل الفرضيات التي وُضِعت عن القارة القطبية الجنوبية. إن الأشياء التي وجدناها هي ما كنت ستتوقع أن نحصل عليه."*

ماذا عن الحالات الكثيرة للأنواع المتشابهة (لكن ليست متطابقة) التي تعيش في مواطن متشابهة لكن على قارات مختلفة؟ يعيش الأيل الأحمر في شمالي أوربا، لكن الإلك أو الموظ_الذي يشابهه إلى حد بعيد_يعيش في

أمركا الشمالية. إن الضفادع المائية عديمة اللسان من أسرة **Pipidae** توجد في مكانين متباعـدين باتسـاع: شرقي أمركا الجنوبية وأفريقيا شبه الاستوائية. لقد تعلمنا سابقاً عن الحياة النباتية المتماثلة لشرقي آسيا وشرقي أمركا الشمالية. هذه الملاحظات كانت ستكون محيرة لعلماء التطور إن كانـت القـارات علـى الـدوام في مواضعها الحالية. لما كان هناك سبيل لنبات المنغولية السلفي ليتشتت إلى ألاباما، أو لضفادع المياه العذبة لتعبر المحيط بين أفريقيا وأمركا الجنوبية. لكننا اليوم نعرف تماماً كيف حدث هذا التـشتت: بوجـود أرض قديمـة توحدت فيها كل القارات. (هذا يختلف عن الجسور البرية الضخمة التي تخيلـها أوائـل علمـاء الجغرافيـا الأحيائية). كانت آسيا وأمركا الشمالية قديماً مرتبطتين تماماً بواسطة الجسر البري، الذي بواسطته اسـتعمرت النباتات والثدييات (بما في ذلك البشر) أمركا الشمالية. وقد كانت أمركا الجنوبية وأفريقيا قديماً جـزءً مـن القارة الأم **Gondwana**.

حين تتشتت كائنات متعضية وتستعمر بنجاح منطقة جديدة، فهم يتطورون عادةً. وهذا يقود إلى تنبؤ آخر قمنا به في الفصل الأول: إن حدث التطور، فينبغي أن تكون الأنواع الحية في منطقة متحدري أنـواع أقـدم عاشت في نفس المكان. لذا إن حفرنا في طبقات الصخور الأحدث في منطقة محددة، فلابد أن نجد متحجـرات تشابه الكائنات التي تطأ تلك الأرض اليوم.

وهذه هي أيضاً نفس الحالة: أين يمكننا أن نحفر بحثاً عن كناغر متحجرة تشابه بـشدة الكنـاغر الحيـة؟ في أستراليا. ثم هناك حيوانات المدرع في العالم الجديد. المدرعون فريدة بين الثدييان في امتلاكها غطاءً خارجياً من درع عظمي. إن **armadillo** هي كلمة إسبانية تعني "المدرع الصغير" أو المُدَيريع باللغة العربية. إنهـا تعـيش فقط في أمركا الشمالية والوسطى والجنوبية. أين نجد متحجرات مشابهة لـه؟ في الأمـركتين، مـوطن الـ **glyptodonts**، وهي الثدييات المدرعة آكلو النباتات العتيقون الذين بدوا تماماً كمدرعين مفرطـي النمـو. بعض هؤلاء المدرعين العتيقين كان بحجم مطارق **Volkswagen**، وزنها طن، مغطين بدرع سمكـه بوصـتان، وأبدوا بزهو كرة شائكة على الذيل استُخدِمَت كهراوة شائكة. لدى مذهب الخلقية صعوبات في تفسير هـذه الأنماط: لفعل هذا، سيُحتاج إلى افتراض أن هناك عدداً لانهائياً من الانقراضات وعمليات الخلـق المتعاقبـة في كل أنحاء العالم، وأن كل مجموعة من المخلوقات المخلوقة حديثاً صُنِعت لتشابه القديمة التي عاشـت في نفـس المكان. لقد تجاوزنا كثيراً فرضية طوفان نوح.

إن الوجود المتشارك للأسلاف المتحجرين والمتحدرين يقود إلى إحدى أشهر التنبؤات في تاريخ علم الأحياء التطوري، لقد افترض دارون_في كتابه (نشأة الإنسان) عام ١٨٧١_أن البشر تطوروا في أفريقيا:

"إننا منقادون على نحو طبيعي إلى التساؤل، أين مكان محل ميلاد الإنسان عند تلك المرحلة من النشوء، عندما تشعبت أجدادنا العليا عن الأصل الكاتاريني (قرود وقرود عليا العالم القديم)؟ فالحقيقة المتعلقة بكونهم تابعين إلى هذا الأصل تبين على نحو واضح أنهم كانوايقطنون العالم القديم، ولكن ليس أستراليا أو أي من الجزر المحيطية، وذلك كما يمكن لنا استنتاجه من القوانين الخاصة بالتوزيع الجغرافي. ففي كل المناطق الكبيرة من العالم، فإن الحيوانات الثديية الحية مرتبطة على نحو وثيق بالأنواع المنقرضة التابعة لنفس المنطقة. وعلى هذا النحو فإنه من المحتمل أن أفريقيا قد كانت في الماضي مأهولة بقردة غير مذيلة منقرضة متقاربة على نحو وثيق مع الجوريلا والشمبانزي، وبما أن هذين النوعين هما حالياً أقرب الأقرباء للإنسان، فإنه من المحتمل أن تكون جدودنا العليا المبكرة قد عاشت على سطح القارة الإفريقية على نحو أكبر بعض الشيء عن أي مكان آخر."

في العصر الذي قام فيه دارون بهذا التنبؤ، لم يكن أحدٌ قد رأى من قبلُ أي متحجرات للبشر القدماء. كما سنرى في الفصل الثامن، لقد عُثِر عليها لأول مرة في عام ١٩٢٤م في_ولعلك حزرتَ هذا_إفريقيا. إن غزارة المتحجرات الانتقالية البشر قردية علوية المكتشفة منذ ذلك الحين _مع كون الأقدم دوماً إفريقية_لم يترك أي شك أن تنبؤ دارون كان صائباً.

لا يقوم علم الجغرافيا الحيوية فقط بالتنبؤات، بل ويحل الألغاز. هاهو واحد يتضمن الأنهار الجليدية والأشجار المتحجرة. لقد عرف علماء طبقات الأرض منذ زمن طويل أن كل القارات وأشباه القارات الجنوبية قد مرت بحقبة شديدة من التجمد خلال الحقبة البيرمية، منذ حوالي ٢٩٠ مليون سنة ماضية. نعلم هذا لأنه عندما تتحرك الأنهار الجليدية ، تصنع الصخور والحصى الذي تحمله خربشات في الصخور التحتية. يخبرنا اتجاه هذه الخربشات في أي طريق كانت تتحرك هذه الأنهار الجليدية.

إن نظرت إلى الخربشات في الصخور البيرمية للبلدان الجنوبية، ترى أنماطاً غريبة. يبدو أن الأنهار الجليدية قد وُجدت في مناطق كوسط إفريقيا التي هي اليوم دافئة جداً، و_على نحو أكثر تشويشاً_يبدو أنها تحركت من البحار إلى القارات (انظر اتجاه الأسهم في الشكل التوضيحي ٢١). الآن، هذا مستحيل تماماً، يمكن أن تتكون الأنهار الجليدية فقط في مناخ بارد باستمرار على أرض جافة، عندما تنضغط الثلوج المتكررة إلى جليد يبدأ في

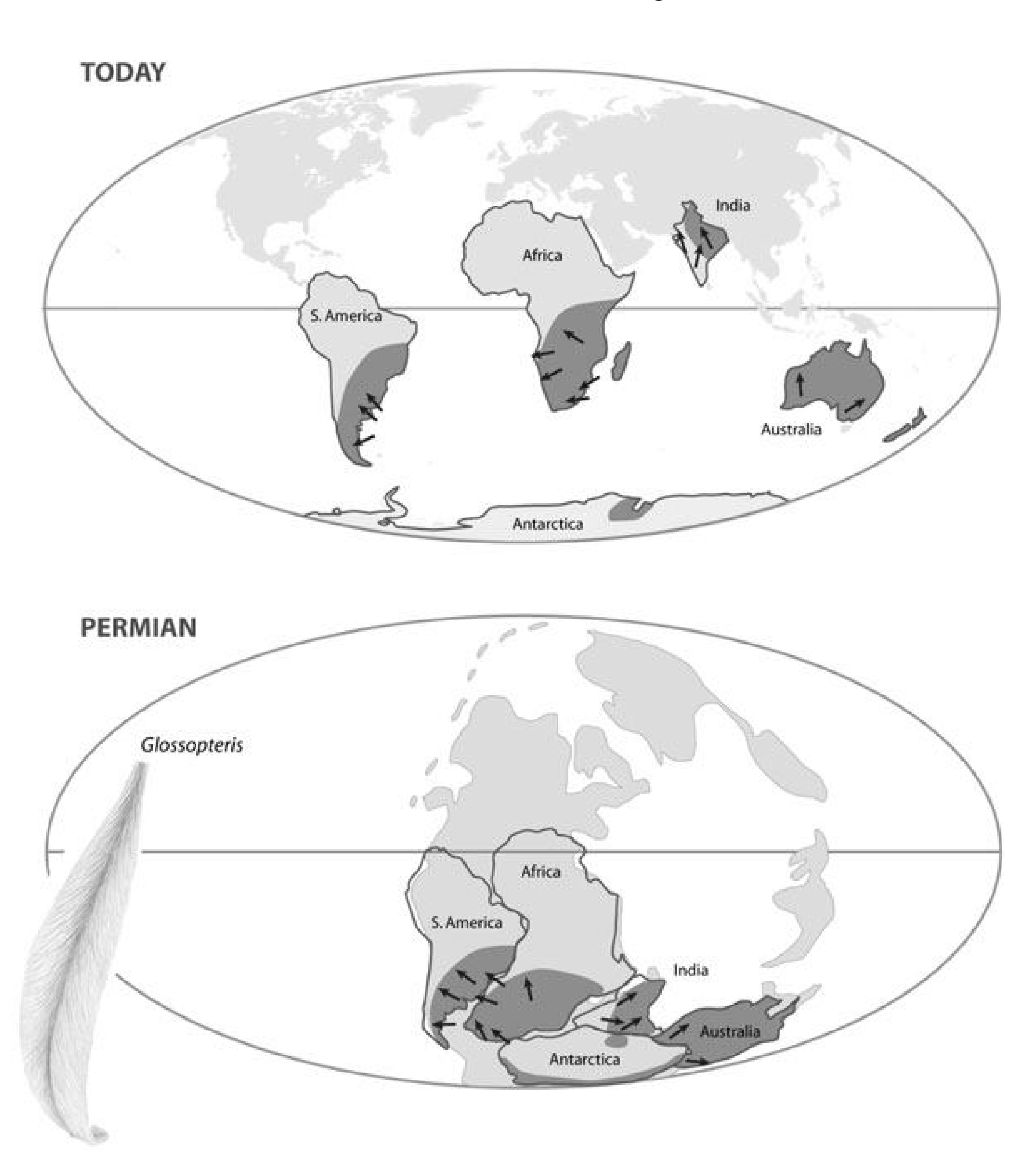
التحرك تحت ثقله. إذن كيف تُفسَّر هذه الأنماط من التحزز الجليدي التي تبدو ظاهرياً عشوائية كيفما اتفـق، والمصدر الظاهر للأنهار الجليدية في البحر؟

وهناك جزء آخر من هذا اللغز، يتضمن توزع ليس الخربشات بل الأشجار المتحجرة، أنواع من الجـنس Glossopterisأو لسانيات الأوراق. لقد كانت هذه صنوبريات لسانية شكل الأوراق بدلاً من إبرية الشكل (كلمة glossa أي باليونانية لسان). لسانيات الأوراق كانت من النباتات السائدة في الحياة النباتيـة بالحقبـة البيرمية. للعديد من الأسباب يعتقد علماء النباتات أنها كانت نفضية (تُسقِط أوراقها كل خريف وتعيد إنماءها في الربيع). إنها تُظهر حلقات نمو، تدل على دورات موسمية، وسمات متخصصة تدل على ان الأوراق كانـت مبرمجة للانفصال عن الشجرة. هذه_وسمات أخرى_توحي بأن لسانيات الأوراق عاشت في منـاطق معتدلـة المناخ مع شتاآت باردة.

عندما تُعَيِّن على الخريطة توزع متحجرات لسانيات الأوراق في جنوبي الكرة الأرضية، المنطقة التي توجـد فيها على الأغلب (الشكل٢١)، فهي تعمل نمطاً غريباً، مبعثرة في قطع عبر القارات الجنوبية. لا يمكن تفـسير النمط بالتشتت بواسطة الماء، لأن لسانيات الأوراق كانت ذوات بذور كبيرة ثقيلة لا يمكنها يقينـاً الطفـو تقريباً. هل يمكن أن يكون هذا دليلاً على خلق النبات على قارات مختلفة؟ ليس بهذه السرعة!

إن كلا هذين اللغزين يُحلان عندما ندرك أين كانت في الحقيقة ما هي في العصر الحالي القـارات الجنوبيـة أثناء العصر البيرمي المتأخر (الصورة٢١)، مُتَحِدين كأحجية تجميع الصورة في الـ Gondwana. وعنـدما تَجمَع هذه القطع سوياً، يصير لموضع الخربشات الجليدية وتوزع الأشجار فجأة منطق. تشير الخربـشات الأن بعيداً عن مركز قارة القطب الجنوبي، التي قد كانت جزءً من الـ Gondwana التي مرت علـى القطـب الجنوبي (الموضع) أثناء الحقبة البيرمية. فأنتجت الثلوج أنهاراً جليدية واسعة منتشرة بعيداً عن هذا الموقع، عاملة خربشات في الاتجاهات الملاحظة بالضبط. وعندما يُركَّب توزع أشجار لسانيات الأوراق على خريطـة للـ Gondwana، لايعود النمط مشوشاً من بعد: تتصل الرقع، ممتدة كحلقة حول حواف الأنهار الجليدية. هذه هي بالضبط المواقع الباردة حيث كانت توجد الأشجار النفضية للمناخ المعتدل.

إنها ليست الأشجار التي هاجرت من قارة إلى قارة بعيدة، من ثم فإنها القارات نفسها التي تحركت، حاملة الأشجار معها. هذه الألغاز يكون لها منطق في ضوء التطور. بينما مذهب الخلقية في حيرة لتفسير سواء نمط الخربشات الجليدية أو التوز المفكك على نحو غريب للسانيات الأوراق.



الشكل التوضيحي ٢١: يفسر الانجراف القاري الجغرافيا الحيوية التطورية لشجرة **Glosoopteris** أو لسانية الأوراق العتيقة. في الأعلى: التوزع في العصر الحالي لمتحجرات لسانية الأوراق (مظلل) مقسماً إلى أجزاء منتشرة بين القارات، مما يجعل الأمر عسير الفهم. في الأسفل: توزع لسانية الأوراق أثناء العصر البيرمي، عندما كانت القارات متحدة في قارة أم. يجعل هذا النموذج الأمر منطقياً لأن الأشجار المحيطة بالقطب الجنوبي هي في منطقة طقس معتدل. والمناطق الجليدية الموضحة في خريطة العصر الحالي أيضاً لها منطق، لأنها كلها توجد بعيداً عن القطب الشمالي البيرمي.

إن هنالك هامشاً مؤثراً على هذه القصة: عندما عُثِر على فرقة **Robert Scott** في عام ١٩١٢م، متجمدين حتى الموت عقب محاولتهم غير الناجحة لأن يكونوا الأوائل في القطب الجنوبي (لقد وصل النرويجي **Roald Amundsen** أبكر بقليل)، كان ٣٥ رطلاً من متحجرات لسانيات الأوراق توجد جوار جثامينهم. رغم طرحهم الكثير من معداتهم في محاولة يائسة للبقاء أحياء، فقد حفروا بدنياً هذه الصخور الثقيلة بالمطارق اليدوية، مدركين بلا ريب قيمتها العلمية. لقد كانت أول عينات لأشجار لسانيات الفم يُعثَر عليها في القطب الجنوبي.

الجزر

إدراك أن توزع الأنواع على الجزر يقدم برهاناً حاسماً على التطور كان أحد أعظم أعمال التحري في تاريخ علم الأحياء. هذا كان أيضاً عمل دارون، الذي لا تزال أفكاره تلوح بقوة على حقل علم الجغرافيا الحيوية. في الفصل الثاني عشر من (أصل الأنواع) يقرر دارون حقيقةً تلو أخرى، جُمِعت بمجهود مضنٍ عبر سنوات من الملاحظة والمراسلة، بانياً حجته مثل محامٍ ذكي. عندما أُعلِّم الأدلة على التطور لطلابي، فهذه هي محاضرتي المفضلة. إنها قصة غموض مدتها ساعة، تَراكم لمعطيات متباعدة ظاهرياً تحل في النهاية كحجة محكمة للتطور.

لكن قبل أن نصل إلى الحديث عن الدليل، نحتاج أن نميز بين نوعين من الجزر، الأول هو الجزر القارية: تلك الجزر التي كانت قديماً متصلة بقارة لكنها لاحقاً انفصلت سواء بارتفاع مستويات البحار التي فاضت مشكلة جسوراً برية أو بتحرك الصفائح القارية. تتضمن هذه الجزر_بين أخر كثر_الجزر البريطانية واليابان وسريلانكا وتزمانيا ومدغشقر. البعض منها قديمة (انفصلت مدغشقر عن إفريقيا منذ حوالي ١٦٠ مليون سنة)، والأخرى أحدث (انفصلت جزر بريطانيا عن أوربا منذ حوالي ٣٠٠ ألف سنة، ربما خلال فيضان مفجع منبعثاً من بحيرة كبيرة كانت محاطة بسد إلى الشمال). أما الجزر المحيطية_من جهة أخرى_فهي التي لم تكن قط متصلة بقارة، لقد ارتفعت من قاع البحر، محرومة في الأول من أشكال الحياة، كالبراكين المكشوفة أو السلاسل المرجانية.

هذا يتضمن جزر هاواي وأرخبيل جالاباجوس والقديسة هيلينة ومجموعة **Juan Fernandez** الموصوفة في أول هذا الفصل.

يبدأ "البرهان الجزري" على التطور بالملاحظة التالية: تفتقد الجزر المحيطية ضروباً كثيرة من الأنواع المحلية التي نراها على كلٍ من القارات والجزر القارية. فهاواي _على سبيل المثال_أرخبيل استوائي تشغل جزره مساحة حوالي ٦٤٠٠ ميل مربع، أصغر بقليل من ولاية **Massachusetts** الأمركية. بينما الجزر مزودة جيداً بطيور ونباتات وحشرات محلية، فهي تفتقد تماماً أسماك مياه عذبة وبرمائيات وزواحف وثدييات برية محلية. تفتقد جزيرة القديسة هيلينة منفى نابليون وأرخبيل أرخبيل **Juan Fernandez** نفس هذه المجموعات، لكنها تظل بها وفرة من النباتات والطيور والحشرات المتوطنة. إن أرخبيل جزر الجالاباجوس به حقاً زواحف محلية قليلة (إجوانات برية وبحرية، بالإضافة إلى السلاحف العملاقة الشهيرة)، لكنها تفتقد أيضاً ثدييات وبرمائيات وأسماك مياه عذبة محلية. مراراً وتكراراً، على الجزر المحيطية الواقعة في المحيط الهادئ، والأطلسي الجنوبي، والهندي، يرى المرء نمط المجموعات المفتقدة_بدقة أكثر_نفس المجموعات المفتقدة.

لأول وهلة، يبدو هذا الغياب غريباً. إن نظرت ولو إلى رقعة صغيرة جداً من قارة إستوائية أو جزيرة قارية_ فلنقل إلى بيرو، أو نيوجينيا، أو اليابان_ستجد وفرة من الأسماك والبرمائيات والزواحف والثدييات المحلية.

كما لاحظ دارون، من العسير تفسير هذا التفاوت تحت سيناريو خلقي:

"والشخص الذي يعترف بالمذهب الخلقي الخصوصي لكل نوعٍ على حدة، سوف يكون عليه أن يعترف بأن عدداً كافياً من النباتات والحيوانات ذوات التكيف الأجود لم تُخلَق على الجزر المحيطية."

لكن كيف نعلم أن الثدييات والبرمائيات وأسماك المياه العذبة والزواحف ملائمة حقاً للجزر المحيطية؟ فربما لم يضعهم الخالق هناك لأنهم كانوا لن يبلوا حسناً (لن يعيشوا على نحو جيد). إحدى الإجابات الواضحة أن الجزر القارية بها فعلاً هذه الحيوانات، إذن فلماذا سيضع خالقٌ أنواعاً مختلفة من الحيوانات على الجزر القارية مقابل المحيطية؟ ينبغي ألا تعمل كيفية تكون الجزيرة فرقاً. لكن دارون ينهي الجملة المقدمة أعلاه بإجابة أفضل للغاية:

"إذ أن الإنسان قد زودها بهم بغير قصد من مصادر متعددة على نحو أكثر غزارة وكمالاً مما فعلته الطبيعة."

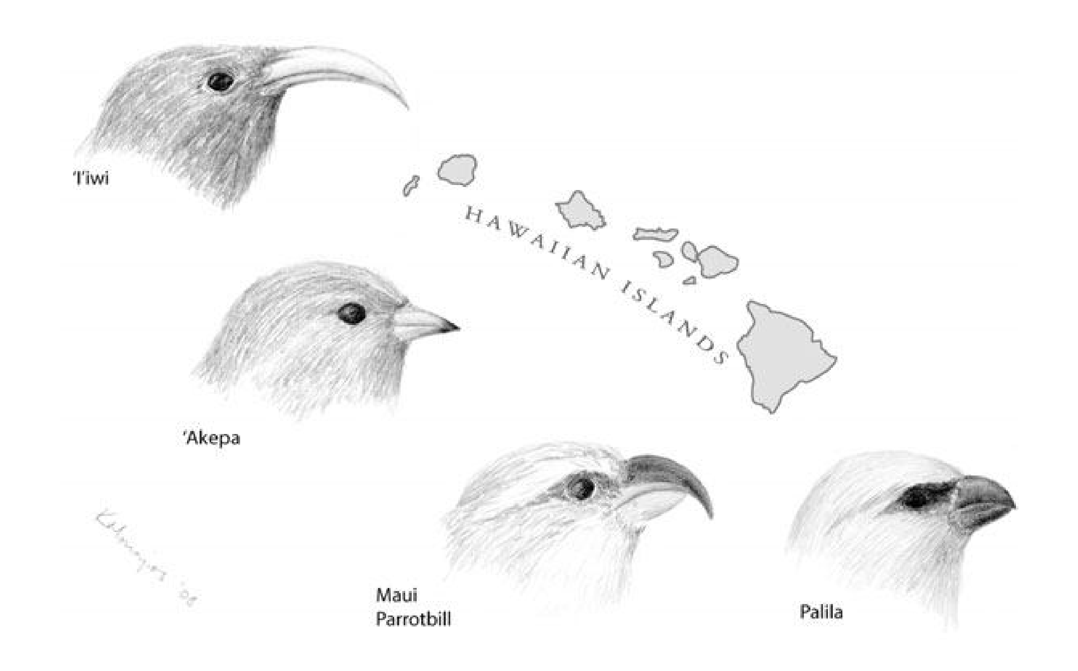
بعبارة أخرى، فإن الثدييات والبرمائيات وأسماك المياه العذبة والزواحف غالباً تبلي بلاءً حسناً للغاية عندما يجلبها الإنسان إلى الجزر المحيطية. في الحقيقة، هي غالباً ما تسود على الأنواع المحلية مبيدة إياها. فالخنازير والماعز المجلوبة قد اجتاحت هاواي، صانعة ولائم من النباتات المحلية. والفئران والنموس المجلوبة قد أبادت وهددت بالانقراض الكثير من طيور هاواي المدهشة. إن علجوم القصب، وهو برمائي ضخم سام موطنه أمركا الجنوبية الاستوائية، جُلِب إلى هاواي عام ١٩٣٢ للسيطرة على الخنافس بقصب السكر. لقد صارت العلاجيم (ضفادع الطين) السامة اليوم وباءً، تتوالد بخصب وتقتل القطط والكلاب التي تخطئ في محاولة أكلهم.

ليس لجزر الجالاباجوس برمائيات محلية، لكن ضفدع أشجار إكوادوري_جُلِب عام ١٩٩٨م_قد رسّخ نفسه على ثلاث جزر. وعلى الجزيرة البركانية **Sao Tome**، بعيداً عن الساحل الغربي لإفريقيا، حيث جمعتُ ذبابات فاكهة لبحثي الخاص، هناك ثعابين كوبرا سوداء قد جُلِبت _ربما مصادفةً_من البر الإفريقي. لقد أبلوا بلاءً حسناً لدرجة أننا ببساطة لم نعمل في مناطق محددة من الجزيرة، حيث الكوبروات كثيرة جداً لدرجة أننا يمكن أن نلاقي دستات عديدة من هذه الثعابين المميتة والعدوانية في يوم واحد. تبلي الثدييات البرية بلاءً حسناً أيضاً على الجزر، فالماعز المجلوبة ساعدت **Alexander Selkrik** على البقاء حياً على جزيرة **Juan Fernandez**، وهي أيضاً تزدهر على جزيرة القديسة هيلينة. في كل العالم فإن القصة هي نفسها: يجلب البشر أنواعاً إلى الجزر المحيطية حيث لم توجد، وتحل هذه الأنواع محل أو تُبيد أشكال الحياة المحلية. هذا ما يمكن قوله للجدال بأن الجزر المحيطية بطريقة ما غير ملائمة للثدييات والبرمائيات والزواحف وأسماك المياه العذبة.

الخطوة التالية من البرهان هي هذه: رغم أن الجزر المحيطية تفتقد الكثير من الأنواع الرئيسية للحيوانات، فإن الأنواع التي توجد هناك تكون غالباً متواجدة بغزارة، متضمنة أنواعاً متشابهة كثيرة. ولنأخذ جزر أرخبيل جالاباجوس كمثال. ففيما بين جزرها الثلاثة عشر هناك ثمانية وعشرون نوعاً من الطيور لا توجد في أي مكان آخر. من هذه الثمانية والعشرين، ينتمي أربعة عشر إلى مجموعة واحدة من طيور وثيقة القرابة: براقش أو شراشير جالاباجوس الشهيرة. لا قارة أو جزيرة قارية لها طائر محلي مسيطر بثقل جداً كالشراشير. إلا أنه رغم صفاتهم المشتركة الشبيهة بالشرشور، فإن مجموعة شراشير الجالاباجوس متنوعة تماماً تبعاً للبيئة، ذوات أنواع

مختلفة متخصصة في أغذية مختلفة كالحشرات، والبذور، وبيض الأنواع الأخرى. إن "البرقش النجار" هو واحد من تلك الأنواع النادرة التي تستخدم الأدوات، في حالتنا هذه شوكة صبار أو غصين لانتزاع الحشرات من الأشجار. تشغل البراقش النجارة الدور البيئي لنقار الخشب، الذي لا يعيش في الجالاباجوس. وهناك حتى "البرقش مصاص الدماء" الذي يثقب جروحاً في الأطراف الخلفية للطيور البحرية ثم يستقبل الدم بجشع.

لهاواي تطور متشعب مدهش بدرجة أكبر، الطيور المتسلقة **honeycreepers**. عندما وصل البولينيزيون إلى جزر هاواي منذ حوالي **١٥٠٠** عام، وجدوا حوالي **١٤٠** نوعاً من الطيور المحلية (نعلم هذا من دراسات "المتحجرات الثانوية" للطيور: العظام المحفوظة في أمكان نفايات عتيقة والقنوات البركانية). حوالي ستين من هذه الأنواع_تقريباً نصف طيور المنطقة_كانت من الـ **honeycreepers**، كلهم تحدروا من برقش سلفي واحد وصل إلى جزر هاواي منذ حوالي أربعة ملايين سنة. للأسف، فقط عشرون نوعاً من **honeycreepers** باقية، وكلها معرضة لخطر الانقراض. البقية أبيدت بالصيد، وفقدان المواطن، والمفترسات التي جلبها البشر كالفئران والنموس. إلا أنه حتى البقية القليلة من **honeycreepers** ترينا تنوعاً بديعاً للأدوار البيئية، كما هو موضح في الشكل التوضيحي **٢٢**. يمكن أن نعلم من منقار الطائر الكثير عن نظامه الغذائي. فبعض الأنواع قد حنت المناقير لارتشاف الرحيق من الزهور، وأخرى ذوات مناقير قوية ببغائية الشكل لتكسير البذور الصلبة أو سحق الغصينات، بينما أخرى لا زالت ذوات مناقير رفيعة مستدقة الرأس لانتشال الحشرات من أوراق النباتات، وحتى أن بعضهم لديه مناقير صنارية لانتزاع الحشرات من الأشجار، شاغلة دور نقار الخشب. مثلما نرى على الجالاباجوس مجموعة واحدة ممثلة على نحو مفرط بأنواع تملأ مواضع أدوار مشغولة بأنواع مختلفة جداً على القارات أو الجزر القارية.



الشكل التوضيحي٢٢: تكيف إشعاعي أو تشعبي. بعض الأنواع الأقارب من **honeycreepers** الهاوايين الذين تطوروا بعد استعمار سلفهم الشبيه بالبرقش الجزر. كل برقش لديه منقار يمكنه من استعمال طعام مختلف. المنقار الرفيع لـــ **Iwi** يـساعد على ارتشاف الرحيق من الزهور الأنبوبية الطويلة، أما المنقار المتقاطع قليلاً للـ **Akepa** فيمكّنه من انتزاع براعم للبحث عن الحشرات والعناكب، أما الـ **Maui** ببغائي المنقار فلديه منقار كبير لانتزاع اللحاء وشق الغصينات للعثـور علـى يرقـات الخنافس، ومنقار الـ **Palila** القصير لكنه قوي فيساعده على فتح أغلفة البذور واستخراج البذور.

تُؤوي أيضاً الجزر المحيطية تشعبات (أو تكيفات إشعاعية) من النباتـات والحـشرات. إن جزيـرة القديـسة هيلينة_رغم افتقادها الكثير من مجموعات الحشرات_هي موطن دستة من أنواع خنافس صغيرة غـير طـائرة خاصة سوس الخشب. وعلى جزر هاواي، فإن المجموعة التي أدرسها _ذباب الفاكهة من الجنس دروسـوفيلا **Drosophila** خصبة بالتأكيد. فرغم أن جزر هاواي تشكل٠٠٤.% من مساحة الأرض، إلا أنها تحتـوي على نصف ألفي نوع الدروسوفيلا الموجودة في العالم تقريباً. ثم هناك التشعبات الجديرة بالملاحظة للنباتـات في أسرة تباع الشمس على **Juan Fernandez** والقديسة هيلينة، فبعضها صارت أشجاراً خـشبية صـغيرة. فعلى الجزر المحيطية فقط يمكن للنباتات الصغيرة المزهرة_متحررة من التنافس مـع الـشجيرات والأشـجار الأكبر_أن تتطور إلى الأشجار نفسها.

لقد تعلمنا حتى الآن مجموعتين من الحقائق حول الجزر المحيطية: إنهم يفتقدون الكثير من مجموعات الأنــواع التي تعيش على القارات والجزر القارية، ومع ذلك فإن الأنواع التي توجد على الجزر المحيطية تكون متخمــة بالكثير من الأنواع المتشابهة. تُظهِر هاتان الحقيقتان سوياً_مقارنة مع مناطق العالم الأخرى_أن الحياة على الجزر المحيطية غير متوازنة. أي نظرية لعلم الجغرافيا الحيوية تكون ذات فاعلية لابد أن تفسر هذا التباين.

إلا أن هناك شيئاً آخر هنا. ألق نظرة على القائمة التالية للمجموعات التي عادة ما تكون محلية على الجــزر المحيطية والأخرى التي عادة مفتقدة:

المحلي	المفتقد
النباتات	الثدييات البرية
الطيور	الزواحف
الحشرات وغيرها من المفصليات (كالعناكب...إلخ)	البرمائيات
	أسماك المياه العذبة

ما وجه الاختلاف بين العمودين؟ دقيقة من التفكير تعطي الجواب. الأنواع في العمود الأول يمكنها استعمار الجزر المحيطية من خلال التشتت على مسافات طويلة، بينما الأنواع في العمود الثاني تفتقــد هــذه القــدرة. فالطيور قادرة على الطيران مسافات عظيمة فوق البحر، حاملة معها ليس فقط بيضها بل أيضاً بذور النباتــات التي قد أكلتها (والتي يمكن أن تنبت من أرواثهم)، والطفيليات في ريشها، والكائنــات المتعــضية الــصغيرة الملتصقة على الطين في أرجلها. ويمكن للنباتات أن تصل إلى الجزر كبذور، عائمةً عــبر فــساحات البحــر. فالبذور ذوات الأشواك أو الأغلفة الرطبة يمكنها السفر المتطفل على ريش اليطور. ويمكن أن تُحمَل الجــراثيم الخفيفة للسراخس والفطريات والطحالب مسافات هائلة بالرياح. والحشرات أيضاً يمكنها الطيران إلى الجــزر أو تحملها الرياح.

على النقيض من هذا، فإن الحيوانات في العمود الثاني لديها عقبة عظيمــة في عبــور فــساحات البحــر. فالثدييات البرية والزواحف ثقيلة ولا يمكنها السباحة بعيداً كثيراً. ومعظم البرمائيات وأسمــاك الميــاه العذبــة ببساطة لا يمكنه البقاء حياً في المياه المالحة.

وبالتالي فإن ضروب الأنواع التي توجد على الجزر المحيطية هي تماماً التي تقدر على الوصول عبر البحر من الأراضي البعيدة. لكن ما الدليل على أنهم قد فعلوا هكذا؟ إن كل عالم طيور يعلم عن الطيور "الزائرة" العَرَضية التي توجد على بعد آلاف الأميال من مواطنها، ضحايا الرياح أو الطيران المعيب. حتى أن بعض الطيور قد رسَّخت مستعمرات تكاثرية على الجزر المحيطية في الزمن المؤرَّخ. فالسحنون الأرجواني كان زائراً عَرَضياً لعهد طويل لجزيرة Tristan da Cunha البعيدة في جنوب الأطلسي، بدأ آخر الأمر في التكاثر هناك في خمسينيات القرن العشرين.

لقد قام دارون نفسه ببعض التجارب البسيطة لكن الممتازة التي تثبت أن بذور بعض أنواع النبات يمكنها أن تظل قادرة على الإنبات بعد غمر مطول في ماء البحر. لقد وُجِدَت البذور من غرب الإنديز على الشواطئ البعيدة لإسكتلندا، محمولة من الواضح بالتيار الخليجي، و"البذور المنجرفة" من القارات أو جزر أخرى أيضاً وُجدت على شواطئ جزر المحيط الهادئ الجنوبية. تستطيع الطيور المحبوسة في قفص الاحتفاظ ببذور النبات في أجهزتها الهضمية لأسبوع أو أكثر، مرية الاحتمال القوي للنقل لمسافات بعيدة. وهناك محاولات ناجحة كثيرة لأخذ عينات حشرات في الهواء باستخدام مصائد ملصقة بالطائرات أو السفن بعيداً عن البر. ضمن الأنواع المجموعة كان هناك جراد وعُث وفراشات وذباب وaphids (حشرات ماصة للنباتات) وخنافس. عرَّض Charles Lindbergh _في رحلة عام ١٩٣٣ عبر المحيط الأطلنطي_شرائح مجهرية زجاجية للهواء، ممسكاً بالكثير من الكائنات المجهرية وأجزاء الحشرات. تنتشر الكثير من العناكب وهي أحداث بالطيران المنطادي بمظلات هبوط من الحرير. لقد وُجِد هؤلاء المتجولين على بعد عدة مئات من الأميال بعيداً عن البر.

يمكن للحيوانات والنباتات أيضاً أن تسافر متطفلة راكبة على "أطواف" إلى الجزر، جذوع أو كتل من الحياة النباتية التي تطفو مبتعدة عن القارات، عادةً من أفواه الأنهار. في عام ١٩٩٥م إحدى هذه الأطواف الكبيرة_ربما مضربة بإعصار_وصلت مودعة حمولة من خمسة عشر إجوانا على جزيرة Anguilla الكاريبية، حيث لم يوجدوا من قبل، من مصدر يبعد مئتي ميل. لقد وُجِدت جذوع تنوب دوجلاس Douglas fir من أمركا الشمالية على هاواي، وجذوع من أمركا الجنوبية قد وصلت إلى تازمانيا. ركوب طوافات كهذه يفسر وجود زواحف متوطنة عَرَضية على الجزر المحيطية، مثل إجوانات وسلاحف جزر الجالاباجوس.

أيضاً، عندما ننظر إلى نمط الحشرات والنباتات المحلية للجزر المحيطية، فهم يشكلون مجموعات هي أفضل المستعمرين. فمعظم الحشرات صغيرة، تماماً التي تُحمَل بسهولة بالرياح. على النقيض فإن النباتات الخشبية،

والأشجار نادرة نسبياً على الجزر المحيطية، على نحو مؤكد تقريباً لأن الكثير من الأشجار لها بذور ثقيلة لا هي تطفو ولا هي تؤكَل من الطيور (نخلة جوز الهند_بذورها الكبيرة القابلة للطفو_هي استثناء جدير بالملاحظة، موجودة على كل الجزر المحيطية الهادئية والهندية تقريباً). إن الندرة النسبية للأشجار_في الحقيقة_يُفسِّر لماذا تطورت الكثير من النباتات التي هي أعشاب ضارة قصيرة إلى شبه أشجار خشبية على الجزر.

إن الثدييات البرية ليسوا مستعمرين جيدين، وهذا سبب افتقاد الجزر المحيطية لهم. لكنها لا تفتقد كل الثدييات، فهذا يتعرض لاستثنائين يثبتان القاعدة، الأول لاحظه دارون:

"رغم أن الثدييات البرية لا توجد على الجزر المحيطية، فإن الثدييات الطائرة توجد على كل الجزر تقريباً. فنيوزيلاند لديها نوعان من الخفافيش لا يوجدان في أي مكان آخر في العالم، أما جزيرة **Norfolk** وأرخبيل **Viti** وجزر **Bonin** وأرخبيلا **Caroline and Marianne [Mariana]** وجزر **Mauritius**، فإن جميعها يحوز خفافيش خاصة به. ومن الممكن أن يثور تساؤل، لماذا أنتجَت القوة الخالقة المفترَضة خفافيش ولا شيء غيرها من الثدييات على الجزر البعيدة. وبناءً على وجهة نظري يمكن الأجابة على هذا السؤال بسهولة، إذ لا ثديي أرضي يمكن أن يُنقَل عبر مسافة وسيعة من البحر، ولكن الخفافيش تستطيع الطيران عبرها."

وبعد، إنه من الواضح أن الانتشار لمسافة طويلة لنوع محدد إلى جزيرة بعيدة لا يمكن أن يكون ليس حدثاً متكرر الحدوث في فترات قصيرة. فاحتمال أن تتمكن حشرة أو طائر ليس فقط من اجتياز فساحات البحر إلى بر جزيرة، بل ويرسخ أيضاً تكاثراً سكانياً حينما يصل إلى هناك (هذا يتطلب أنثى مخصبة من قبلُ أو فردان من الجنسين على الأقل) لابد أن يكون منخفضاً جداً. ولو كان ذلك الانتشار شائعاً، لكانت أشكال الحياة على الجزر المحيطية مشابهة تماماً للتي على القارات والجزر القارية. ومع ذلك، فمعظم الجزر المحيطية قد تشكلت منذ ملايين السنين، وهو امد طويل كفاية ليسمح ببعض الاستعمار. كما علق عالم الحيوان **George Gaylord Simpson**: *"أي حدث ليس مستحيلاً على نحو مطلق.... يصير ممكناً إن مر زمنٌ كاف."*. كمثال نظري، افترِض أن نوعاً معيناً لديه احتمال واحد في المليون لاستعمار جزيرة كل سنة. فإنه من السهل أن نرى أن بعد مرور مليون سنة، هناك احتمالية كبيرة أن تُستعمَر الجزيرة على أقل تقدير بنسبة ٦٣% لنكون دقيقين.

تغلق ملاحظة ختامية السلسلة المنطقية التي تُثبِّت الحجة للتطور من الجزر، وهي هذه: مع استثناآت قليلة، فإن الحيوانات والنباتات على الجزر المحيطية مشابهة للغاية للأنواع التي توجد على أقرب بر قاري.

هذا_كمثال_صحيح بصدد جزر الجالاباجوس، التي تشابه أنواعها تلك التي في الساحل الغربي لأمركا الجنوبية. لا يمكن تفسير التشابه بالجدل بأن جزر الجالاباجوس وأمركا الجنوبية ذاتا بيئات متشابهة لأنواع مخلوقة إلهياً. لأن الجالاباجوس جافة وبلا أشجار وبركانية، مختلفة تماماً عن الاستوائيات الخصيبة التي تسود الأمركتين. لقد كان دارون بليغاً في هذه النقطة بشكل خاص:

"عندما ينظر عالم التاريخ الطبيعي إلى سكان هذه الجزر البركانية في المحيط الهادئ_البعيدة مئات الأميال عن القارة_يشعر أنه يقف على أرض أمركية. فلماذا لا يكون الأمر هكذا؟ ولماذا يجب أن تحمل الأنواع الحية التي من المفترض أنه تم خلقها في أرخبيل الجالاباجوس_على هذا النحو الواضح_الطابع الخاص بالصلة العرقية الموجودة بينها وبين تلك المخلوقة في أمركا؟ فإنه لا يوجد هناك شيء في ظروف الحياة، أو في الطبيعة الجيولوجية للجزر، أو في مرتفعاتها أو مناخها، أو في توزيع النسب التي تترابط الطوائف العديدة المختلفة عن طريقها، يماثل على نحو وثيق ظروف ساحل أمركا الجنوبية، وفي الحقيقة، فإنه هناك كمية لها اعتبارها من عدم التماثل في جميع هذه المناحي.....والحقائق التي على هذه الشاكلة لا تسمح بأي مجال للتفسير بناءً على وجهة النظر المعتادة الخاصة بالخلق المستقل، بينما بناءً على وجهة النظر التي يتم تأكيدها هاهنا، فإنه من الواضح أن جزر الجالاباجوس قد استقبلت على الأرجح أنواعاً مستعمِرة من أمركا، سواء عن طريق وسائل الانتقال العارضة، أو (ولو أنني لا أؤمن بهذا المبدأ) عن طريق الاتصال السابق للأرض، وتستقبل جزر الرأس الأخضر مستعمريها من أفريقيا، ومثل هؤلاء المستعمرين سوف يكونون معرضين للتعديل، ولكن المبدأ الخاص بالوراثة سوف يستمر في كشف الغطاء عن مسقط رأسها الأصلي."

ما ينطبق على جزر الجالاباجوس ينطبق كذلك على سائر الجزر المحيطية الأخرى. إن ألصق أقارب النباتات والحيوانات المتوطنة على **Juan Fernandez** هي التي في الغابات المعتدلة بجنوبي أمركا الجنوبية، أقرب قارة. إن معظم الأنواع على جزر هاواي تشابه_لكن ليس تطابق_ التي في المنطقة الهندية الهادئية: إندونيسيا ونيوغينيا وفيجي وساموا وتاهيتي، أو الأمركتين. وبعد، مسلمين بتقلبات الرياح واتجاه التيارات المحيطية، فأننا لا نتوقع أن مستعمري كل جزيرة يأتون بالضرورة من أقرب مصدر. فأربعة بالمئة من أنواع نباتات هاواي_على سبيل المثال_أقرب أقاربها في سيبريا أو ألاسكا. لكن يظل التشابه بين أنواع الجزر مع التي على أقرب بر قاري يتطلب تفسيراً.

للتخليص، فإن الجزر المحيطية لها سمات تميزها سواء عن القارات أو الجزر القارية. فالجزر المحبطية لها أشكال حياة غير متوازنة، فهي تفتقد مجموعات رئيسية من الكائنات، وهي نفسها (المجموعات) تفتقد على الجزر المحيطية المختلفة. لكن ضروب الكائنات التي عليها غالباً ما تتضمن أنواعاً متشابهة كثيرة، تشعب. وهي ضروب من الأنواع كالطيور والحشرات، التي يمكنها أن تنتشر بسهولة للغاية على فساحات واسعة من المحيط. وغالباً ما توجد الأنواع الأكثر شبهاً للقاطنة على الجزر المحيطية على أقرب بر قاري، رغم كون المَواطن البيئية مختلفة.

كيف تتسق هذه الملاحظات مع بعضها؟ إنها يكون لها منطق تحت تفسير تطوري بسيط: إن قاطني الجزر المحيطية تحدروا من أنواع أقدم استعمرت الجزر، غالباً من القارات المجاورة، في أحداث نادرة للانتشار لمسافات طويلة. حينئذٍ هناك كان المستعمرون العرَضيون قادرين على تشكيل أنواع كثيرة لأن الجزر المحيطية تقدم الكثير من المواطن الخالية التي تفتقد المنافسين والمفترسين. هذا يفسر سبب أن الاستنواع والانتخاب الطبيعي يصيرا جامحين على الجزر، منتجين "تكيفات تشعبية" كالتي للـ **honeycreepers** بهاواي أو طيور البرقش الجالاباجوسية. إن كل شيء يتسق مع الآخر لو أضفت الانتشار العَرَضي_الذي من المعروف أنه يحدث_إلى العمليات التطورية للانتخاب والتطور والسلفية المشتركة والاستنواع. باختصار، فإن الجزر المحيطية تبرهن وتشرح بالأمثلة كل فكرة في نظرية التطور.

من الهام أن نتذكر أن هذه الأنماط لا تنطبق على الجزر القارية عموماً (سنأتي على استثناء بعد قليل)، والتي تتشارك الأنواع مع القارات التي كانت متحدة معها قديماً. فنباتات وحيوانات بريطانيا_كمثال_تشكل نظاماً بيئياً أكثر توازناً، ذوات أنواع متطابقة على نحو كبير للتي للبر القاري الأوروبي. بخلاف الجزر المحيطية، فإن الجزر القارية قد قُطِعَت منجرفة مع وجود معظم أنواعها فعلياً في مكانها.

الآن، حاول التفكير بنظرية تفسر الأنماط التي بحثناها بالتفصيل بالاستناد إلى الخلق الخصوصي للأنواع على الجزر المحيطية والقارات. لماذا سيصادف أن خالقاً يترك عمل البرمائيات والثدييات والزواحف وأسماك المياه العذبة على الجزر المحيطية، لكن ليس الجزر القارية؟ ولماذا سيُنتج خالقٌ تشعبات أنواع متشابهة على الجزر المحيطية، لكن ليس الجزر القارية. ولماذا خُلِقَت الأنواع على الجزر المحيطية لتشابه التي على أقرب بر قاري؟ لا توجد إجابة حسنة، إلا_بالتأكيد_إن افترضت أن هدف خالقٍ جعل الأنواع تبدو كما لو كانت تطورت على

الجزر. لا أحد متحمس لتقبل تلك الإجابة، وهو ما يفسر سبب نكوص الخلقيين بعيداً عن علم الجغرافيا الحيوية على الجزر.

يمكننا الآن عمل تنبؤ واحد أخير: إن الجزر القارية القديمة جداً التي انفصلت عن البر القاري منذ حقب، ينبغي أن تُظهِر أنماطاً تطورية تقع ما بين التي للجزر القارية الحديثة والجزر المحيطية. فالجزر القارية القديمة مثل مدغشقر ونيوزيلاند، انقطعتا من قارتيهما منذ ١٦٠ مليون سنة و٨٥ مليون سنة على الترتيب، وانعزلتا قبل أن تنشأ الكثير من المجموعات كالرئيسيات والنباتات الحديثة. وحينما انفصلت هذه الجزر عن البر القاري، ظلت بعض مواضعها (أدوارها) البيئية شاغرة. هذا فتح الباب لبعض الأنواع المتطورة لاحقاً لاستعمار وترسيخ نفسها بنجاح. يمكننا أن نتنبأ_من ثم_أن هذه الجزر القارية القديمة ينبغي أن تكون ذوات حياة نباتية وحيوانية غير متوازنة إلى حد ما، مظهرة بعض المميزات الجغرافي حيوية للجزر المحيطية الحقيقية.

وبالفعل، هذا هو ما نجده تماماً. فمدغشقر مشهورة بحياتها الحيوانية والنباتية الفريدة، متضمنة الكثير من النباتات المحلية و_بالتأكيد_هباراتها (ليموراتها) الفريدة_أكثر الرئيسيات بدائية_التي تشعبت أسلافها_بعد الوصول إلى مدغشقر منذ حوالي ستين مليون سنة_إلى أكثر من ٧٥ نوعاً متوطناً. نيوزيلاند _أيضاً_لديها الكثير من الأنواع المحلية، أكثر الطيور غير الطائرة شهرة: المُوا moa العملاق كائن ضخم طوله ١٣ قدماً اصطيد حتى الانقراض منذ حوالي ١٥٠٠ سنة، والكيوي، والكاكابو الببغاء ساكن الأرض السمين. تُظهر نيوزيلاند أيضاً بعضاً من عدم توازن الجزر المحيطية: لديها زواحف قليلة متوطنة، ونوع واحد فقط من البرمائيات، وثدييان محليان كليهما خفافيش (رغم أنه قد عُثر على متحجر ثديي صغير مؤخراً). لديها أيضاً تشعب، لقد كان هناك أحد عشر نوعاً من الموا، كلها قد انقرضت. والأنواع على مدغشقر ونيوزيلاند _كالجزر المحيطية_ذاتا علاقة بما يوجد على أقرب بر قاري: إفريقيا وأستراليا على الترتيب.

خاتمة

الدرس الأساسي لعلم الجغرفيا الحيوية هو أن التطور فقط يمكنه تفسير تنوع أشكال الحياة على القارات والجزر. إلا أن هناك درساً آخر كذلك: إن توزع أشكال الحياة على الأرض يعكس مزيجاً من المصادفة والقانونية. المصادفة، لأن انتشار الحيوانات والنباتات يعتمد على تقلبات لا يمكن التنبؤ بها كالرياح والتيارات وفرصة الاستعمار.لو لم تصل أوائل البراقيش إلى الجالاباجوس وهاواي، لربما رأينا طيوراً مختلفة للغاية هناك

اليوم. لو لم يفعلها سلف شبيه بالليمور مع مدغشقر، لما كان بتلك الجزيرة_وعلى الأرجح كل الأرض_ليمورات. الوقت والمصادفة (الحظ) وحدهما يقرران من يصير على جزيرة، ربما يسمي المرء هذا بـ "عامل روبنسُن كروز". لكن هناك أيضاً القانونية. فنظرية التطور تتنبأ بأن الحيوانات والنباتات الواصلة إلى مواطن جديدة وغير مشغولة سوف تتطور لتزدهر هناك، وستشكل أنواعاً جديدة، مالئة الكوات او الفراغات البيئية. وسنجد عادة أقارهم على أقرب جزيرة أو بر قاري. هذا هو ما نراه، مراراً وتكراراً. لا يمكن للمرء أن يفهم التطور بدون إدراك تفاعله الفريد بين المصادفة والقانونية. تفاعل هام على نحو خطير في فهم فكرة الانتخاب الطبيعي، كما سنرى في الفصل التالي.

لكن دروس علم الجغرافيا الحيوية تمضي أكثر، إلى مجال الصيانة الحيوية البيئية. تتكيف نباتات وحيوانات الجزر مع بيئاها معزولةً عن الأنواع التي تعيش في كل مكان آخر، منافسيهم ومفترسيهم والمتطفلين عليهم الممكنين. لأن الأنواع على الجزر لا تَخبُر تنوع الحياة الموجود على القارات، فهم ليسوا جيدين في الوجود المشترك مع الآخرين. من ثم، فإن الأنظمة البيئية للجزر هي أشياء هشة، تُتلَف بسهولة من قِبَل المجتاحين الأجانب الذين يستطيعون تدمير المواطن والأنواع. أسوأ هؤلاء هم البشر، الذين ليس فقط يقطعون الغابات ويصطادون، بل أيضاً يحضرون معهم حاشية من التين الشوكي والخراف والماعز والفئران والعلاجيم المهلكة. الكثير من أنواع الجزر المحيطية الفريدة قد انقرضت فعلياً، ضحايا للنشاط البشري، ويمكننا بثقة_وأسى_أن نتنبأ أن المزيد سيختفون قريباً. في أعمارنا ربما نرى نهاية طيور الـ **honeycreepers** الهاوايوية، وانقراض كاكابو وكيوي نيوزيلاند، وهلاك معظم الليمورات، وخسارة الكثير من النباتات النادرة_التي رغم أنها أقل سحراً للجماهير_ليست أقل أهمية. كل نوع يمثل ملايين السنين من التطور، وحالما تنقرض، لن يمكن أن تُعاد أبداً. وكلٌ منها هو كتاب يحتوي على قصص فريدة عن الماضي. خسارة أي منهم تعني خسارة جزء من تاريخ الحياة.

الفصل الخامس

محرك التطور

ماذا غير أسنان الذئب مبرية بدقة للغاية، والأطراف السريعة للظبي؟
ماذا غير خوف الطيور المجنحة، وجوع الباز ذي الرأس الكبيرة المرصعة بعينين كهاتين؟

Robinson Jeffers, "The Bloody Sire"

أحد أعاجيب التطور هو الدبور الآسيوي الضخم، وهو زنبور مفترس شائع بخاصة في اليابان. من الصعب تصور حشرة أكثر إرعاباً. أكبر دبور في العالم، إنه بطول إصبعك الإبهام، ذو جسد طوله بوصتان ومزخرف بخطوط برتقالية وزرقاء مهددة. إنه مسلح بفك مخيف لإمساك وقتل فرائسها من الحشرات، وإبرة طولها ربع بوصة أيضاً، تسبب الوفاة للعديد من الآسيويين كل سنة. والمسافة بين الجناحين ثلاث بوصات، ويمكنه الطيران بسرعة ٢٥ ميلاً في الساعة (أسرع بكثير مما يمكنك الجري)، ويمكنه قطع ستين ميلاً في يوم واحد.

هذا الدبور ليس فقط ضاراً، بل وشره. فإن يرقاته الدودية ضخمة، آلات أكل نهمة، التي على نحو لافت للنظر تطرق رؤوسها في الخلية للإبلاغ بالإشارة عن جوعهم للحم. لإشباع احتياجهم المستمر للطعام، تغير الدبابير البالغة على أعشاش النحل والدبابير الاجتماعية.

أحد ضحايا الدبور هو نحل العسل الأوربي المجلوب. تتضمن الغارة على عش نحل العسل مجزرة كبيرة عديمة الرحمة ليس لها نظائر إلا القليل في الطبيعة. إنها تبدأ عندما يجد دبور مستكشف وحيد عشاً. ببطنه، يُعَلِّم المستكشف العشَ للموت، واضعاً قطرة من الفرمون قرب مدخل مستعمرة النحل. متنبهين بهذه العلامة، ينزل رفقاء عش المستكشف النقطة، مجموعةٌ من عشرين أو ثلاثين دبوراً مصفوفين ضد مستعمرة بحدود ثلاثين ألف نحلة عسل.

إلا أنه لا منازلة. فخائضين العش بفكوكٍ ضخمة، يقطع الدبابير رؤوس النحل واحداً تلو الآخر. بمعدل كل دبور يدحرج رؤوس أربعين نحلة في الدقيقة، تنتهي الموقعة في ساعات قلائل: كل النحـــل ميـــت، والأشـــلاء مبعثرة في العش. ثم يموِّن الدبابير مخزهم للحوم. خلال الأسبوع التالي، ينهبون العش بنظام، آكلـــين العـــسل وحاملين يرقات النحل الدودية العاجزة عائدين إلى عشهم، حيث يضعوها فوراً في الأفواه الفـــاغرة لذريتـــهم الشرهة.

هذه طبيعة دموية الأنياب والمخالب، كما وصفها الشاعر Tennyson.[٢٣] الدبابير الضخمة هـــي آلات صيد مرعبة، والنحل المجلوب أعزل. لكن هناك نحل يقدر أن يطرد بالمقاومة الدبور العمـــلاق: نحـــل العـــسل الياباني المتوطن. ودفاعهم مذهل، أعجوبة أخرى للسلوك التكيفي. فعندما يصل الدبور المستكـــشِف أولاً إلى خليتهم، تندفع نحلات العسل القريبة من المدخل إلى الخلية، مستدعية رفقاء العش للاستعداد للحـــرب بينمـــا تغري الدبور في الداخل. في غضون ذلك، تحتشد مئات النحلات العاملات داخل المـــدخل. حينمـــا يـــدخل الدبور، تتجمهر عليه وتغطيه كرة محكمة من النحل. هازين بطوهم يرفع النحل سريعاً درجة الحـــرارة داخـــل الكرة إلى حوالي ٤٧ درجة مئوية. يستطيع النحل البقاء حياً في هذه الحرارة، لكن الـــدبور لا يـــستطيع. في عشرين دقيقة يُطهى الدبور حتى الموت و_عادةً_يُنقَذ العش. لا يمكنني التفكير في حالة أخرى_خـــلا محـــاكم التفتيش الإسبانية_تقتل فيها حيوانات أعداءها بتحميصهم.[٢٤]

هناك الكثير من الدروس التطورية في قصة هذه الحيلة. أكثرها وضوحاً أن الدبور متكيف على نحو مـــدهش للقتل، فهو يبدو كما لو كان قد صُمِّم للإبادة التامة. هذا يتضمن شكل الجسد (حجم كبير، إبـــر، فكـــوك قاتلة، أجنحة كبيرة)، مواد كيميائية (فرمونات مُعلِّمة وسم مميت في الإبرة)، وســـلوكيات (طـــيران ســـريع، هجومات منسقة على أعشاش النحل، وسلوك "أنا جائع" اليرقي الذي يحث هجومات الدبابير). ثم هناك دفاع نحل العسل المتوطن المحلي (الاحتشاد المنسق والتحميص التالي لذلك لعدوهم)، وهو بالتأكيد استجابة متطورة لهجمات الدبابير المتكررة. (تذكر، أن هذا السلوك مُرَمَّز جينياً في مخٍ أصغرَ من سن قلم رصاص).

على الجانب الآخر، فإن نحل العسل الأوربي المجلوب حديثاً أعزل فعلياً أمام الدبابير. هذا بالضبط مـــا كنـــا سنتوقعه، إذ أن هذا النحل قد تطور في منطقة تفتقد الدبابير الضخمة المفترسة، ولذا لم يبنِ الانتخاب الطبيعـــي دفاعاً. يمكننا التنبؤ_مع ذلك_أن الدبابير إذا كانوا مفترسين أشداء على نحو كافٍ، فإن النحل الأوربي سوف

يُباد في آسيا (ما لم يُعاد جلبه)، أو سيجد استجابته التطورية الخاصة به للدبابير، وليس بالضرورة أن تكون نفس الاستجابة كالنحل المحلي.

تستلزم بعض التكيفات وسائل أكثر شراً. أحدها يتضمن ديداناً إسطوانية تتطفل على نوع من نمل أمركا الوسطى. عندما تُصاب بالعدوى، تخضع النملة لتغير جذري في كلٍ من السلوك والمظهر. أولاً، يتحول بطنها الأسود السويّ إلى أحمر لامع. ثم تصير النملة خاملة وتُظهِر بطنها إلى الهواء، كمثل علم أحمر مرفوع. تصير الصلة الرقيقة بين البطن والحلق واهية وضعيفة. ولا تعود النملة المصابة تنتج فرمونات منبهة من بَعدُ عندما تُهاجَم، لذا لا يمكنها تنبيه رفقاء عشها.

كل هذه التغيرات تُسبَّب بجينات الدودة المتطفلة كحيلة بارعة لتكاثرها. تغيِّر الدودة مظهر وسلوك النملة، التي تعلن عن نفسها للطيور كتوتة لذيذة، وبعملٍ كهذا تجلب موتها إليها. يُظهر بطن النملة الأحمر الشبيه بالتوتة لكل الطيور لتراه، وتُصطاد بسهولة بسبب خمولها والصلة الضعيفة بين البطن وبقية الجسد. وتلتهم الطيور هذه البطون، الممتلئة ببيض الدودة. ثم تمرر الطيور البيض في ذرقهم (برازهم)، والذي يبحث عنه النمل ويعيده إلى أعشاشه ليطعمه يرقاته. يفقس بيض الدود داخل يرقات النمل وينمو. عندما تصير اليرقة خادرة (شرنقة)، تنتقل الديدان إلى بطن النملة وتتزاوج، منتِجة المزيد من البيض، وهكذا تدور الحلقة مجدداً.

إن تكيفات مدهشة كهذه السبل العديدة التي تتحكم بها الطفيليات في حامليها، بمجرد تمرير جينات المتطفلين، تصيب جوهر (مربط فرس) التدفق التطوري.[٢٥] لقد جعل الانتخاب الطبيعي_عاملاً على دودة بسيطة_جعلها تستحوذ على مضيفها وتغير مظهره وسلوكه وبنيته، محولة إياه إلى فاكهة زائفة مغرية.[٢٦]

ويوجد العكس: نباتات تبدو كحيوانات. بعض أنواع الأوركيد لها أزهار تشبه ظاهرياً النحل والدبابير، على التمام مع نقاط عيون زائفة وبتلات (أوراق تويجية) تشبه الأجنحة. إن التشابه كافٍ لخداع الكثير من ذكور الحشرات قصيرة النظر، الذين يحطون على الزهرة ويحاولون التزاوج معها. أثناء حدوث هذا، تلتصق أكياس اللقاح برأس الحشرة. عندما تغادر الحشرة الذكر المحبط دون تحقيق غريزته، فإنه يحمل بغير تعمد اللقاح إلى الأوركيدة التالية، ملقحاً إياها أثناء الجماع الزائف العقيم التالي. لقد شكَّل الانتخاب الطبيعي الأوركيد إلى حشرة زائفة لأن الجينات التي تجذب الملقحين بهذه الطريقة أرجح لأن تُمرَّر إلى الجيل التالي. أكثر من ذلك أن بعض الأوركيدات تغوي ملقحيها بإنتاج مواد كيميائية تفوح برائحة فرمونات الجنس للنحل.

إيجاد الطعام، كإيجاد الشريك الجنسي، يمكن أن يتضمن تكيفات معقدة. نقار الخشب ذو العرف، طائر متوج هو أكبر نقار خشب في أمركا الشمالية، يعتاش بنقر الحفر في الأشجار والتقاط الحشرات كالنمل والنحل من الخشب. علاوة على قدرته الرائعة على تبين الفريسة أسفل اللحاء (ربما بسماع تحركاتهم أو الشعور بها، لسنا متأكدين)، إن لنقار الخشب مجموعة كاملة من الصفات التي تمكنه من الاصطياد والطرق. لعل أكثرها جدارة بالملاحظة هي لسانه الطويل للغاية.[٢٧] إن أصل اللسان متصل بعظم الفك، ومن ثم يدور اللسان خلال إحدى منخاري الأنف، خلال وحول مؤخرة الرأس بشكل تام، وآخر الأمر يعود إلى دخول المنقار من الأسفل. في معظم الوقت يكون اللسان منسحباً، لكنه يمكنه الامتداد عميقاً في شجرة لجس النمل والنحل. أنه مملط ومغطى بلعاب لزج للمساعدة على استخراج تلك الحشرات اللذيذة من الحفر. يستخدم نقارو الخشب ذوو العرف أيضاً مناقيرهم لحفر تجاويف عُشيّة كبيرة، والطرق على الأشجار، وجلب الشركاء الجنسيين، والدفاع عن مناطقهم.

إن نقار الخشب ثقابة حيوية. هذا يطرح مشكلة: كيف يستطيع كائنٌ ضعيف الثقبَ في الخشب دون إيذاء نفسه؟ (تفكر في القوة المستلزمة لدق مسمار في لوح خشب؟). إن المعاملة السيئة التي تتلقاها جمجمة نقار الخشب ذي العرف مذهلة. يستطيع الطائر أن يطرق بمعدل خمسة عشر طرقة في الدقة عندما "يطبل" للتواصل، كل طرقة تولد طاقة مساوية لضرب رأسك في حائط بسرعة ١٦ ميلاً في الساعة. هذه سرعة يمكنها أن تجعل من سيارتك كومة خردة. هناك خطر حقيقي في أن يضر نقار الخشب ذو العرف بمخه، أو تخرج عيناه خارج جمجمته بفعل القوة الفائقة.

لمنع تضرر المخ، فإن جمجمة نقار الخشب مُشكّلة ومقواة خصيصاً بعظم إضافي. يوجد المنقار على وسادة مخفِّفة للصدمات من الغضروف، وتتقلص العضلات حول المنقار لحظةً قبل كل صدمة لتحويل قوة الطرقة بعيداً عن المخ وإلى قاعدة الجمجمة المقواة. وخلال كل طرقة، ينغلق جفنا الطائر لحماية عينيه من الخروج. هناك أيضاً مروحة من الريش الرقيق تغطي منخري الأنف لكي لا يستنشق الطائر نشارة الخشب أو شرائحه حين الطرق. إنه يستخدم مجموعة من ريش ذيلي قوي جداً لدعم نفسه ضد الشجرة، وله قدمان رباعيتا الأصابع لها شكل الـ X (اثنتان في الأمام واثنتان في الخلف) للتمسك بالجذع على نحو آمن.

أينما ننظر في الطبيعة، نرى حيوانات تبدو كأنها مصممة على نحو بديع لتلائم بيئاتها، سواء كانت تلك البيئة هي الظروف الطبيعية للحياة _كدرجة الحرارة والرطوبة_ أو الكائنات الأخرى: المنافِسين والمفترِسين

والفرائس، التي يجب على كل نوع أن يتعامل معها. إنه لا غرابة أن أوائل علماء التاريخ الطبيعي قد اعتقدوا أن الحيوانات هم منتَج تصميم سماوي، مخلوقون من قِبَل الرب ليؤدوا أعمالهم.

بدَّدَ داروين هذه الفكرة في كتابه (أصل الأنواع). في فصل واحد، استبدل تماماً قروناً من اليقين بصدد التصميم الإلهي بفكرةٍ عمليةٍ لا واعية آلية: الانتخاب الطبيعي، التي يمكنها إنجاز نفس النتيجة. إنه صعب تقدير مدى التأثير الذي كان لهذا الفهم البصير ليس فقط على علم الأحياء، بل أيضاً وجهة النظر التي يرى الناس بها العالم. الكثيرون لم يستفيقوا بعد من الصدمة، ولا تزال فكرة الانتخاب الطبيعي تثير معارضة عنيفة وغير عقلانية.

لكن الانتخاب الطبيعي طرح عدداً من المشاكل لعلم الأحياء كذلك. فما هو الدليل على أنه يعمل في الطبيعة؟ هل يمكنه حقاً تفسير التكيفات، بما فيها المعقدة؟ لقد اعتمد داروين على نطاق واسع على التناظر ليعمل حجته: النجاح الشهير للمربين في تحويل الحيوانات والنباتات إلى حيوانات ونباتات ملائمة للغذاء أو التربية أو الملاطفة والزينة. لكن في ذلك الوقت، كان لديه دليل مباشر ضئيل على الانتخاب في المجموعات السكانية الطبيعية. ولأن_كما افترض_الانتخاب بطيء إلى أبعد حد، يغير المجموعات السكانية خلال آلاف أو ملايين من السنوات، يكون عسيراً ملاحظته عاملاً خلال عمرٍ بشريٍ واحد.

لحسن الحظ، فبفضل الكدح الحقلي وعلماء أحياء المعامل، لدينا اليوم هذا الدليل، أعداد وافرة منه. إننا نجد الانتخاب الطبيعي في كل مكان، يُمَحِّص الأفراد، مغربلاً الغير ملائم وناشراً جينات الأكثر ملائمة. يمكنه صنع تكيفات معقدة، في بعض الأحيان في وقت قليل على نحو مذهل.

إن الانتخاب الطبيعي هو أكثر جزء مساء فهمه في نظرية التطور. لرؤية كيف يعمل، فلننظر إلى تكيف بسيط: لون الفراء في الفئران البرية. فالفئران طبيعية اللون أو فئران الحقل العتيقة (Peromyscus polionotus) لهم فراء بني ويختبئون في الترب الغامقة. لكن على الكثبان الرملية الشاحبة لساحل خليج فلورِدا يعيش جزءٌ فاتح اللون من نفس النوع يسمى (فئران الشاطئ): إنهم بيض تماماً، مع خط بني ضعيف فقط على الظهر. هذا اللون الشاحب هو تكيف لتمويه الفئران من المفترسين_كالصقور والبوم والبلشون أو مالك الحزين_التي تصطاد خلال الكثبان البيضاء. كيف نعلم أن هذا تكيف؟ تجربة بسيطة (وإن كانت مخيفة قليلاً) قام بها Donald Kaufman من جامعة Kansas State University أظهرت أن الفئران يبقون

أحياء أفضل عندما يكون فروهم مماثلاً للون التربة التي يعيشون فيها. بنى **Kaufman** سياجات خلوية كبيرة، بعضها ذوات تربة فاتحة والأخرى ذوات تربة غامقة. وضع في كل قفص أعداداً متساوية من الفئران ذوي الفراءات الغامقة والفاتحة اللون. ثم أطلق بومة جائعة جداً في كل قفص، عائداً لاحقاً ليرى أي الفئران بقوا أحياء. كما يُتوقع، فالفئران ذوو الفراء المتباين بوضوح أكثر مع التربة أُردوا بالاختبار على نحو أسرع، مثبتاً أن الفئران المموهة قد بقوا أحياء فعلاً على نحو أفضل. تفسر هذه التجربة أيضاً علاقة متبادلة نراها في الطبيعة: الترب الأغمق تؤوي فئراناً أغمق.

بما أن اللون الشاحب فريد في فئران الشاطئ، فيُفترض أنهم قد تطوروا من فئران البر القاري البنية، ربما حديثاً منذ ستة آلاف سنة عندما انعزلت الجزر المتاخمة وكثبانها الرملية البيضاء لأول مرة عن البر القاري. هذا مصدر الانتخاب الطبيعي. تتنوع فئران الحقل العتيدة في ألوان الفراء جداً، ومن بينهم الذين اجتاحوا رمال الشاطئ الفاتح، فالأفراد ذوو الفراء الأفتح سيكون لهم فرصة أعلى للبقاء أحياء عن الفئران الأغمق التي تُلاحَظ بسهولة من قِبَل المفترسين. إننا نعلم كذلك أن هناك اختلافاً جينياً بين الفئران الفاتحة والغامقة: يحمل فئران الشاطئ الأشكال "الفاتحة" لجينات صبغية عديدة تعطي سوياً لهم فراآتهم فاتحة اللون. أما فئران الحقل العتيقة الأغمق فلديها الشكل المناظر "الغامق" من نفس الجينات. خلال الزمن_بسبب الافتراس التفاضلي_سيترك الفئران الأفتح نسخاً أكثر من جيناتهم الفاتحة (لديهم فرصة أعلى للبقاء أحياء للتكاثر) وبسبب استمرار هذه العملية جيلاً تلو جيل، ستتطور مجموعة سكان فئران الشاطئ من داكنة إلى فاتحة.

ما الذي حدث هنا؟ لقد غيَّر الانتخاب ببساطة_عاملاً على لون الفراء_التركيب الجيني للمجموعة السكانية، مزيداً نسبة المتغايرات الجينية (جينات اللون الفاتح هنا) التي تعزز البقاء والتكاثر. وفي حين أقول أن الانتخاب الطبيعي يعمل، فإن هذا ليس دقيقاً حقيقةً. فالانتخاب ليس آلية تُفرَض على مجموعة سكانية من الخارج. بالأحرى، إنها عملية، وصف لكيفية صيرورة الجينات التي تُنتِج تكيفات أفضل أكثر تكرراً خلال الزمن. عندما يقول علماء الأحياء أن الانتخاب "يعمل على صفة". فهم يستخدمون اختصاراً فحسب قائلين أن الصفة تخضع للعملية. بنفس المعنى، فإن الأنواع لا تحاول التكيف مع بيئتها. لا توجد إرادة مُتَضَمَّنة ولا كفاح مقصود. التكيف مع البيئة محتوم إن كان نوعٌ لديه الصفة الأساسية الصحيحة للتباين الجيني.

ثلاثة أشياء تُتضمَّن في صنع تكيف بالانتخاب الطبيعي. أولاً، ينبغي للمجموعة السكانية المستهِلة أن تكون متغايرة: ينبغي أن تُظهر الفئران في مجموعة سكانية بعض الاختلاف في ألوان فرائهم. وإلا لن يمكن أن تتطور

هذه الصفة. في حالة الفئران، نحن نعلم أن هذا صحيح لأن الفئران في المجموعات السكانية على البر القاري يُظهرون بعض التباين في لون الفراء.

ثانياً، ينبغي أن يأتي بعض نسبة ذلك التباين من التنوعات في أشكال الجينات، بمعنى ينبغي أن يكون للتباين بعض الأسس الجينية (تُدعى إمكانية التوارث). لو لم يكن هناك اختلاف جيني بين الفئران الفاتحة والداكنة، لكانت الفئران الفاتحة بقيت حية أفضل على الكثبان، لكن لم يكن اختلاف لون الفراء سيُمرَّر إلى الجيل التالي، ولما كان سيصير هناك تغير تطوري. إننا نعلم أن المتطلَّب الجيني متوفر أيضاً في هذه الفئران. في الحقيقة، نحن نعلم بالضبط أي جينين لهما التأثير الأكبر على اختلاف اللون الداكن/الفاتح. أحدهما يُدعى **Agouti**، نفس الجين الذي تُنتِج طفراته اللون الأسود في القطط الأهلية. والآخر يدعى **Mc1r**، وأحد أشكاله المطفرة في البشر_شائع على نحو خاص في المجموعات السكانية الإيرلندية_تُنتِج النمش والشعر الأحمر. [٢٨]

من أين أتى هذا التباين الوراثي؟ من الطفرات، تغيرات عارضة في تسلسل الحمض النووي تحدث عادةً كأخطاء عندما يُنسَخ الجزيء أثناء انقسام الخلية. التباين الجيني المُوَلَّد بالطفرات واسع الانتشار: تفسر الأشكال المطفرة للجينات_على سبيل المثال_التباين في ألوان عيون البشر، وفصائل الدماء، والكثير من تبايننا_وتباين الأنواع الأخرى_في الطول والوزن والكيمياء الحيوية وصفات أخرى لا تُحصى.

في العنصر الأساسي للكثير من التجارب المختبرية، استنتج العلماء أن الطفرات تحدث عشوائياً. مصطلح "عشوائي" هنا له معنى دقيق، غالباً ما يُساء فهمه، حتى من قِبَل علماء الأحياء. فما يعنيه هو أن الطفرات تحدث دون اعتبار لما إذا كانت ستكون مفيدة للأفراد. الطفرات هي ببساطة أخطاء في نسخ الحمض النووي، معظمها ضار أو عديم التأثير، لكن القليل منها يمكن أن يظهر أنه مفيد. إلا أنه ليس هناك سبيل علم حيوي لتحديد احتمالية أن طفرة ستلائم الاحتياجات التكيفية الحالية لكائن. رغم أنه أفضل للفئران الذين يعيشون على الكثبان الرملية أن يكون لهم فراء أفتح، فإن فرصتهم للحصول على طفرة مفيدة كهذه ليست أعلى من التي للفئران التي تعيش على التربة الداكنة. إذن، فبدلاً من تسمية الطفرات "عشوائية"، يبدو أكثر دقة تسميتها "حيادية": احتمالية ظهور طفرة هو حيادي لما إذا كانت ستكون مفيدة أو مؤذية للفرد.

الجانب الثالث والأخير للانتخاب الطبيعي هو أن التباين الجيني يجب أن يؤثر على احتمالية تـرك الفـرد لنسل. في حالة الفئران، أثبتت تجارب الافتراس لــ **Kaufman** أن الفئران الأكثر تموهـاً سـتترك نـسخاً أكثرمن جيناها. من ثم، فإن اللون الفاتح لفئران الشاطئ يطابق كل المعايير ليكون قد تطور كصفة تكيفية.

إذن، فالتطور بالانتخاب هو مركب من العشوائية والقانونية. فهناك أولاً عملية "عـشوائية" أو "حيادية": حدوث طفرات تُحدث منظومة من التباينات الجينية، سواء جيدة أو سيئة (في مثال الفـأر، تنـوع في ألـوان الفراء الجديدة)، ثم العملية "القانونية": الانتخاب الطبيعي، الذي ينظم هذا التباين، مبقيـاً الجيـدة ومغـربلاً السيئة (على الكثبان، تزداد جينات اللون الفاتح على حساب جينات اللون الداكن).

هذا يستدعي ما هو بالتاكيد أكثر إساآت الفهم انتشاراً باتساع بصدد بصدد نظرية التطور: فكـرة أن، في التطور، "كل شيء يحدث بالحظ" (أيضاً تُقال: "كل شيء يحدث بالمصادفة"). هذا الادعاء الشائع لدى العامـة خطأ تماماً. لم يحاول أي عالم تطور_وبالتأكيد ولا داروِن_أن يبرهن قط على أن الانتخاب الطبيعي يقوم علـى الصدفة. بل النقيض تماماً. فهل تستطيع عملية عشوائية تماماً وحدها صنع نقار الخشب الطارق، أو الأوركيـد مخادع النحل، أو الجنادب الأمركية المموهة (صورة ٢٢ب في الملحق)، أو فئران الساحل؟ بالتأكيد لا. فلو أن التطور فجأة أُجبَر على الاعتماد على الطفرات العشوائية وحدها، لكانت الأنواع تدهورت سريعاً وانقرضت. لا يمكن للصدفة وحدها تفسير الملاءمة المدهشة بين الأفراد وبيئتهم.

وهذا لا يحدث. صحيح أن المواد الخام للتطور_التباينات بين الأفراد_تُنتَج بالفعل بـالطفرات الـصدفوية. تحدث هذه الطفرات كيفما اتفق، دون اعتبار لما إذا كانوا جيدين أو سيئين للفرد. لكنه الترشيح لذلك التباين بالانتخاب الطبيعي ما يُنتِج التكيفات، والانتخاب الطبيعي هو بوضوح ليس عشوائياً. إنه قوة تشكيلية قويـة، مراكمة للجينات التي لها فرصة أكبر للتمرير عن الأخرى، وفي قيامه بهذا يجعل الأفراد أفضل قدرة على تحمـل بيئاهم دوماً. إذن، فإن الاتحاد الفريد بين الطفرة والانتخاب_الصدفة والقانونية_ما يعلمنـا كيـف صـارت الكائنات متكيفة. لقد قدم **Richard Dawkins** أوجز تعريف للانتخاب الطبيعي: إنه "البقاء الغير عشوائي للتباينات العشوائية".

إن نظرية الانتخاب الطبيعي لها وظيفة كبيرة، الأكبر في علم الأحياء. إن مهمتها تفسير كيف تطـور كـل تكيف_خطوة بخطوة_من الصفات التي سبقته. هذا لا يتضمن فقط شكل الجسد واللون، بل كذا الـسمات

الجزيئية التي تشكل أساس كل شيء. يجب أن يفسر الانتخاب الطبيعي تطور الصفات الوظائفية (الفسيولوجية): تجلط الدم (عند الانجراح)، والأنظمة الأيضية التي تحول الغذاء إلى طاقة، والنظام المناعي المدهش الذي يمكنه التعرف على وتدمير آلاف البروتينات الأجنبية. وماذا عن تفاصيل علم الوراثة *(أو الجينات)* نفسه؟ لماذا ينفصل زوجان من الصبغيات *(أو الكروموسومات)* عندما تتكون البييضات والحيوانات المنوية؟ لماذا لدينا جنس على العموم، عوضاً عن أن نتبرعم من نسخ (أي مستعمرات خلوية)، كما تفعل بعض الأنواع؟ ينبغي على الانتخاب الطبيعي أن يفسر السلوكيات، سواء التعاونية أو العدائية. لماذا تصطاد الأسود بتعاون، إلا أنه حين تحل ذكور متطفلة محال الذكور المقيمة في مجموعة تناسلية، فلماذا يقتل المتطفلون كل الأشبال غير المفطومة؟

ويجب أن يشكِّل الانتخاب الطبيعي هذه الصفات بطريقة محددة. أولاً، يجب أن يصنعهم_في أغلب الأحيان بالتدريج_خطوة بخطوة من صفات أقدم. كما قد رأينا، فإن كل صفة متطورة حديثة بدأت كتعديل على سمة أقدم. أرجل رباعيات الأرجل_كمثال_هي ببساطة زعانف معدلة. وكل خطوة في هذه العملية، كل تطويرِ تكيفٍ، يجب أن يمنح فائدة تكاثرية للأفراد المالكين له. إن لم يحدث هذا، فلن يعمل الانتخاب الطبيعي. ماذا كانت أفضليات كل خطوة في الانتقال من زعنفة سابحة إلى رجلٍ ماشية؟ من ديناصور غير مريش إلى واحد لديه كل من ريش وجناحين؟ لا يوجد "توجه نحو مستوى أحط أو منحدر" في تطورِ تكيفٍ، لأن الانتخاب الطبيعي بطبيعته نفسها لا يمكنه صنع خطوة لا تفيد مالكها. في عالم التكيف، لا نرى أبداً السمة المميزة لهلاك سائقي الطرق السريعة، بل "عدم ملاءمة مؤقت- تحسن دائم".

لو كانت سمة تكيفية قد تطورت بالانتخاب الطبيعي بدلاً من أن تكون قد خُلِقَت، يمكننا عمل بعض التنبؤات. أولاً، من حيث المبدأ يجب أن نكون قادرين على تصور سيناريو تدريجي معقول لتطور تلك الصفة، مع كل خطوة تزيد الملاءمة (بمعنى الرقم المتوسط للذرية) لمالكها. بالنسبة لبعض السمات هذا سهل، كالتغير التدريجي للهيكل العظمي الذي حوّل الحيوانات البرية إلى الحيتان. بالنسبة لأخرى فهو أصعب، خاصة السبل الكميائي حيوية التي لا تترك أثراً في السجل الأحفوري. وربما لن نملك أبداً معلومات كافية لإعادة بناء تطور الكثير من الصفات، أو حتى _في أنواع منقرضة_فهم كيف عملت تلك الصفات بدقة (مثلاً لأجل ماذا كانت الصفائح العظمية على ظهر الـ **Stegosaurus** حقاً؟). إنه يُأكَّد _رغم ذلك_أن علماء الأحياء لم يجدوا تكيفاً واحداً يتطلب تطوره على نحو جازم خطوة وسطى تقلل ملاءمة الأفراد.

وهاك شرطاً آخر: لابد أن يتطور التكيف بزيادة الإنتاج التناسلي لمالكه. لأن التكاثر_لا البقاء حياً_يقرر أي جينات تُمرَّر إلى الجيل التالي وتسبب التطور. بالتأكيد، تمرير جين يتطلب أن تبقى حياً أولاً إلى السن الذي يمكنك فيه الحصول على ذرية. من جهة أخرى، فإن جيناً يبيدك بعد السن التكاثري لن يتعرض لخسارة تطورية. سوف يبقى في الحوض الجيني. يَنتج عن هذا أن جيناً إن يكن يساعدك على التكاثر في شبابك لكن يقتلك في عمر كبير سيُفضَّل حقيقةً. إن تراكم جينات كهذه بالانتخاب الطبيعي_في الحقيقة_يُعتقَد باتساع أنه يفسر سبب تدهورنا في نواحٍ كثيرة جداً عندما نصل إلى سن كبير *(الشيخوخة)*. نفس الجينات التي تساعدك على بذر بذورك الجامحة عند الصغر قد تسبب لك التجعدات وتضخم غدة البروتستاتا في أواخر عمرك.

محددين كيف يعمل الانتخاب الطبيعي، فينبغي أنه لا يُنتِج تكيفات تساعد الأفراد على البقاء دون تعزيز التكاثر أيضاً. أحد الأمثلة كان سيكون جيناً يساعد إناث البشر على البقاء حيات بعد سن اليأس أو انقطاع الحيض. ولا نتوقع أن نرى تكيفات في نوع تفيد فقط أفراد نوع آخر.

يمكننا اختبار هذا التنبؤ الأخير بالنظر إلى صفات نوع مفيدة لأفراد نوع آخر. لو أن هذه الصفات قد نشأت بالانتخاب، فإننا نتنبأ أنها ستكون مفيدة أيضاً للنوع الأول صاحب هذه الصفات. ولنأخذ كمثال أشجار الخرنوب الاستوائية، التي لها أشواك مجوفة منتفخة تعمل كمنازل لمستعمرات النمل اللاسع المفترس. تُفرز الشجرة أيضاً رحيقاً وتُنتج أجساماً غنية بالبروتين على أوراقها تمد النمل بالغذاء. يبدو كما لو أن الشجرة تضيف وتطعم النمل على حسابها، فهل يتعدى هذا على تنبئنا؟ كلا على الإطلاق، ففي الحقيقة يمنح النملُ المُأوى الشجرةَ فوائد كبيرة. أولاً، فإن الحشرات والثدييات آكلي العشب الذين يتوقفون لأجل التمتع بأكل الأوراق تُصَد من قِبَل قبيلةِ نملٍ غاضبة، كما اكتشفتُ لتعسي حين عبثت في شجرة خرنوب في كوستاريكا. يقلل النمل أيضاً الشجيرات حول قاعدة الشجرة، والتي عندما تكبر يمكن أن تنافس الشجرة على المواد الغذائية والضوء. إنه سهل أن نرى كيف أن شجرة الخرونوب التي تقدر على تجنيد النمل للدفاع عنها من كلٍ من المفترسين والمنافسين ستُنتج بذوراً أكثر من أشجار الخرنوب المفتقدة لهذه القدرة. في كل حالة، عندما يفعل نوعٌ شيئاً ما لمساعدة آخر، فهو دائماً يساعد نفسه. إن هذا تنبؤ مباشر لنظرية التطور، ولا يُنتج عن عقيدة الخلق الخصوصي أو التصميم الذكي.

والتكيفات دائماً تزيد ملاءمة الفرد، وليس بالضرورة ملاءمة المجموعة أو النوع. فكرة أن الانتخاب الطبيعي يعمل "لصالح النوع" _رغم شيوعها_ مضللة. في الحقيقة، يمكن أن يُنتِج التطور صفات بينما تساعد

فرداً، تضر النوع ككل. فعندما تحل مجموعة من الأسود الذكور محل زمرة أسود ذكور مقيمة، يتبع هذا غالباً مجزرة مريعة للأشبال غير المفطومة. هذا سلوك سيء للنوع حيث أنه يقلل المجموع الكلي لعدد الأسود، مزيداً احتمال انقراضهم القوي. لكنه جيد للأسود الغازية، إذ يمكنهم تلقيح الإناث سريعاً (اللاتي يعدن إلى الدورة التزوية عندما لا يُرضِعنَ) ويُحِلون ذريتهم محل الأشبال المقتولة. إنه سهل_رغم كونه مقلقاً_أن نرى كيف أن جيناً يسبب قتل الأطفال ينتشر على حساب الجينات "الألطف"، والتي كانت ببساطة ستجعل الذكور الغازية ترعى الأشبال الغير منسوبين إليهم. كما يتنبأ التطور، فإننا لا نرى أبداً تكيفات تفيد النوع على حساب الفرد. وهو الشيء الذي كنا سنتوقعه لو أن الكائنات قد صُمِّمَت من قِبَل خالقٍ مُحْسِنٍ.

التطور دون انتخاب

فلنقم باستطراد هنا، لأنه من الهام أن ندرك أن الانتخاب الطبيعي ليس العملية الوحيدة في التغير التطوري. يعرف معظم علماء الأحياء التطور بأنه تغير في نسبة الأليلات **Alleles** أو المتضادات (الأشكال المختلفة لجين) في مجموعة سكانية. فعندما_على سبيل المثال_يزداد تكرار أشكال اللون الفاتح لجين **Agouti** في مجموعة سكانية من الفئران، تتطور المجموعة السكانية ولون فرائها. لكن مثل هذا التغير يمكن أن يَحدث بطرق أخرى، أيضاً. فكل فرد لديه نسختان من كل جين، واللتان قد تتطابقان أو تختلفان. كل مرة يحدث فيها التكاثر الجنسي، واحد من كل زوج جينات من أحد الوالدين ينتقل إلى النسل، مع آخر من الوالد الآخر. إنها كرمي قطعة معدنية مسألة أي واحد من زوج جينات أحد الوالدين سينتقل إلى الجيل التالي. على سبيل المثال، إن كنت ذا فصيلة دم **AB** (أليل **A** واحد وأليل **B** واحد)، وأنجبت طفلاً واحداً فقط، فهناك احتمال ٥٠% أنه سيحصل على أليلك الـ **A**، واحتمال ٥٠% أنه سيحصل على أليلك الـ **B**. في أسرة ذات طفل واحد، فإنه من اليقين أن أحد أليليك سيُفقَد. والنتيجة هي أن في كل جيل، تشارك جينات الآباء في سحبٍ *(يانصيب)* جائزته ممثلة في الجيل التالي. ولأن عدد الذرية محدود، فإن تكرارات الجينات الممثلة في الذرية لن تُمَثَّل بنفس التكرارات عند آبائهم بالضبط. نمط "أخذ العينة" هذا للجينات مثل رمي عملة معدنية تماماً. رغم أن هناك احتمال ٥٠% للحصول على وجه الرسم لأي رمية، لو قمت بقليل من الرميات فقط فهناك احتمال كبير أنك ستنحرف عن هذا التوقع (على سبيل المثال، في أربع رميات، لديك احتمال ١٢% للحصول إما على كل الوجوه رسوماً أو ظهوراً). وكذلك_خاصة في المجموعات السكانية الصغيرة_نسبة الأليلات المختلفة يمكن أن تتغير عبر الزمن بالصدفة كلية. وتدخل الطفرات الجديدة في التنافس وتُزاد أو تهبط

تكراراتها بسبب أخذ العينات العشوائي هذا. آخر الأمر يمكن أن تجعل "المسيرة العشوائية" الناتجة جينات ثابتةً في المجموعة السكانية (بمعنى ترتفع إلى نسبة تكرار ١٠٠%) أو_بدلاً من ذلك_تُفقَد تماماً.

يُدعى هذا التغير العشوائي في تكرارات الجينات عبر الزمن بالانجراف الجيني (*أو* الوراثي). إنه نمط معقول للتطور، إذ أنه يتضمن التغيرات في تكرارات الأليلات عبر الزمن، لكنها لا تنشأ من الانتخاب الطبيعي. أحد الأمثلة على التطور بالانجراف الجيني ربما تكون التكرارات الفريدة في فصائل الدم (كما في نظام **ABO**) في رهبنة **Amish** القديمة **Old Order Amish** ومجتمعات طائفة الغاطسين المسيحية **Dunker** في أمركا. هذه مجموعات دينية صغيرة معزولة يتزوج أعضاؤها ضمن بعضهم فقط، تماماً الظروف الصحيحة لتطور سريع بالانجراف الجيني.

أحداث "أخذ العينات" يمكن أن تحدث عندما تؤسَّس مجموعة سكانية بمهاجرين قليلين فقط، مثلما يحدث عندما يستعمر أفرادٌ جزيرةً أو منطقة جديدة. فعلى سبيل المثال، الغياب الكامل تقريباً للجينات المنتجة فصيلةَ الدم **B** في المجموعات السكانية للأمركيين الأصليين ربما يعكس نقص هذا الجين في مجموعة سكانية صغيرة من البشر استعمرت أمركا الشمالية من آسيا منذ حوالي ١٢ ألف عام.

يُنتِج كلٌ من الانجراف الوراثي والانتخاب الطبيعي التغير الجيني الذي ندركه كتطور. لكن هناك اختلافاً هاماً. فالانجراف هو عملية عشوائية، بينما الانتخاب هو نقيض العشوائية. يمكن أن يغيِّر الانجراف الجيني تكرارات الأليلات بصرف النظر عن مدى فائدتها لحامليها. من جهة أخرى، يتخلص الانتخاب دوماً من الأليلات الضارة ويُزيد تكرارات المفيدة.

كعملية عشوائية على نحو صرف، لا يمكن أن يسبب الانجراف الجيني تطور التكيفات. فهو لا يمكن أبداً أن يبني جناحاً أو عيناً، فهذا يتطلب الانتخاب الطبيعي الغير عشوائي. ما يمكن أن يفعله الانجراف هو التسبب في تطور صفات ليست مفيدة ولا ضارة للكائن. بصيراً كما كان دوماً، داروين نفسه افتتح هذه الفكرة في (أصل الأنواع):

"هذا الاحتفاظ بالتغيرات المفضلة ونبذ التغيرات الضارة، أدعوه بالانتخاب الطبيعي. تغيرات ليست مفيـــدة ولا ضارة لن يؤَّثر عليها من قِبَل الانتخاب الطبيعي، وستُترَك كعنصر متقلب، ربما كمـــا نـــرى في الأنـــوا ع متعددة الأشكال."

في الحقيقة، الانجراف الجيني ليس فحسب عاجزاً عن صنع تكيفات، بل يمكن حقيقةً أن يهـــزم الانتخـــاب الطبيعي. على نحو خاص في المجموعات السكانية الصغيرة، يمكن أن يكون تأثير "أخذ العينات" كـــبيراً جـــداً لدرجة أن يُزيد تكرار جينات ضارة بالرغم من أن الانتخاب الطبيعي يعمل في الاتجاه المضاد. هذا علـــى نحـــو مؤكد تقريباً سبب أننا نرى الحدوث مرتفع النسبة لأمراض جينية الأساس في المجتمعات البـــشرية المعزولـــة، متضمناً داء جوشر الشحامي **Gaucher's disease** في السويديين الجنوبيين، ومرض تاي ســـاكس **Tay-Sachs** في **Cajuns** لويزيانا، والتهاب الشبكية الاصطباغي **retinitis pigmentosa** في ســـكان جزيـــرة **Tristan da Cunha**، ومرض هنتنجتون **Huntington's disease** في قرية **San Luis** بفنزويلا علـــى بحيرة **Maracaibo** وهي قرية أسسها مجموعة صغيرة من المهاجرين من أوربا في القرن التاسع عشر وكان من بينهم سيدة تحمل جين هذا المرض.

لأن تغيرات معينة في تسلسل الحمض النووي أو البروتين تكون _كما صاغها دارون_"ليست مفيـــدة ولا ضارة"،(أو حيادية كما ندعوها حالياً (، فإن مثل هذه التغيرات عُرضة على نحو خاص للتطور بالانجراف. على سبيل المثال، لا تؤثر بعض الطفرات في جين على تسلسل البروتين الـــذي ينتجـــه، ولـــذا لا يغيِّـــر ملاءمـــة حامله.نفس الأمر ينطبق على الطفرات في الجينات الزائفة غير العاملة: خربات جينات لا تزال هنا وهنـــاك في الجينوم *(المجين)*. أي طفرات في هذه الجينات ليس له تأثير على الكائن، ولذا يمكن أن تتطور فقط بـــالانجراف الجيني.

إذن، فإن الكثير من جوانب التطور الجزيئي_كتغيرات معينة في الحمض النووي_تعكس الانجراف عوضـــاً عن الانتخاب. إنه محتمل أن كثيراً من الصفات المرئية ظاهرياً للكائنات يمكن أن تكون قد تطورت عن طريـــق الانجراف، خاصة إن كانت لا تؤثر على التكاثر. الأشكال المتنوعة لأوراق الأشجار المختلفة_كالاختلافـــات بين أوراق البلوط والقيقب_قد اقتُرِح قديماً أنها سمات محايدة تطورت بالانجراف الجيني. لكنه صعب البرهنـــة على أن سمة ليس لها على نحو مطلق أفضلية انتخابية. فحتى أفضلية صغيرة، صغيرة بحيث لا تكون ممكن قياسها أو ملاحظتها من قِبَل علماء الأحياء في وقت تجربةِ ملاحظةٍ، يمكن أن تؤدي إلى تغيرٍ تطوري هام عبر الدهور.

تظل الأهمية النسبية للانجراف الجيني مقابل الانتخاب في التطور موضوع جدال محتدم بين علماء الأحياء. كل مرة نرى فيها تكيفاً واضحاً _كسنام الجمل أو مخالب الأسد_نرى على نحو جليّ دليلاً على الانتخاب. لكن الصفات التي لا يُفهَم تطورها قد تعكس فحسب جهلنا بالأحرى بدلاً عن الانجراف الوراثي. ومع ذلك، فنحن نعلم أنه لابد أن الانجراف الوراثي يحدث، لأنه في أي مجموعة سكانية ذات حجم محدود هناك دوماً تأثيرات "أخذ العينات" خلال التكاثر. ومحتمل أن الانجراف قد لعب دوراً كبيراً في تطور المجموعات السكانية الصغيرة، رغم أننا لا نستطيع الإشارة سوى إلى أمثلة قليلة.

تربية الحيوانات والنباتات

تتنبأ نظرية الانتخاب الطبيعي بأي أنواع من التكيفات ستتوقع إيجادها و_الأكثر أهمية_لا تتوقع إيجادها في الطبيعة. وقد تحققت هذه التنبؤات. لكن كثيراً من الناس يريدون ما هو أكثر من ذلك: يريدون رؤية الانتخاب الطبيعي وهو يعمل، وأن يشهدوا التغير التطوري في حيواهم. إنه عسير قبول فكرة أن الانتخاب الطبيعي يمكن أن يسبب_مثلاً_تطور الحيتان من ثدييات برية خلال ملايين السنين، لكن إلى حد ما تصير فكرة الانتخاب دامغة أكثر عندما نرى العملية أمام أعيننا.

هذا يتطلب رؤية الانتخاب والتطور في وقت إجراء تجربة، على الرغم من كونه فضولاً متفهَّما، فإننا _رغم كل شيء_نقبل بسهولة حقيقة أن الوادي العظيم **Grand Canyon** قد نَتَج عن ملايين السنين من النحت البطيء الغير ممكن ملاحظته من قِبَل نهر كولورادو **Colorado River**، رغم أننا لا يمكننا رؤية وادٍ يصير أعمق خلال حيواتنا. لكن بالنسبة إلى بعض الناس هذه القدرة على تقدير الزمن للقوى الجيولوجية لا تنطبق على التطور. إذن، كيف يمكننا أن نقرر ما إذا كان الانتخاب الطبيعي سبباً هاماً للتطور؟ فعلى نحو جليّ، لا يمكننا إعادة أحداث تطور الحيتان لنرى الأفضلية التناسلية لكل خطوة أعادتهم إلى الماء. لكن لو استطعنا رؤية الانتخاب يسبب تغيرات صغيرة خلال أجيال قليلة فقط، ربما حينئذٍ يصير أكثر سهولةً قبول أن_خلال ملايين السنين_أنماطاً مشابهة من الانتخاب يمكن أن تسبب تغيرات تكيفية كبيرة مسجلة في المتحجرات.

الدليل على الانتخاب يأتي من مناحٍ عديدة. أكثرها وضوحاً هو الانتخاب الاصطناعي_أي تربية الحيوانات والنباتات_والتي_كما أدرك دارون_هي متوازٍ جيد للانتخاب الطبيعي. إننا نعلم أن المربين قد عملوا الأعاجيب في تحويل النباتات والحيوانات البرية إلى أشكال مختلفة تماماً صالحة للأكل أو تشبع متطلباتنا

الجمالية. وإننا نعلم أن هذا قد تم بالاختيار من تباينات وراثية موجودة في أسلافهم البريين. نعلم كذلك أن التربية قد عملت تغيرات ضخمة في حقبة قصيرة على نحو جدير بالملاحظة من الزمن، إذ أن تربية الحيوانات والنباتات قد مورِست لآلاف قليلة من السنوات فقط.

فلنأخذ كمثال الكلب الأليف (واسمه العلمي **Canis lupus familiaris**)، نوع واحد في كل الأشكال والأحجام والألوان والأمزجة. كل واحد_سواء نقي السلالة غير ممتزجها أو هجين_يتحدر من نوع سلفي وحيد_على الأغلب الذئب الرمادي الأوروآسيوي_بدأ البشر في انتخابه منذ حوالي عشرة آلآف سنة. لقد ميز نادي **American Kennel Club** الأمركي ١٥٠ سلالة مختلفة، ولقد رأيتَ الكثير منها: فالـ **Chihuahua** الصغير النشيط ربما رُبي كحيوان متغذى عليه من قِبَل **Toltec** مكسيكو، وكلب القديس برنارد **Saint Bernard** القوي غليظ الفراء وقادر على جلب براميل البراندي للمسافرين المحاصرين بالثلوج، والسلوقي رُبي للسباق ذو أرجل طوال وشكل انسيابي، والألماني الدكسهوند **dachshund** القصير ذو الأرجل الطوال مثالي للإمساك بحيوانات الغرير **badgers** في حفرهم، وكلاب الصيد **retrievers** رُبوا لجلب الصيد من الماء، والبوميراني الأزغب **fluffy Pomeranian** رُبي ككلب تدليل مسلٍّ. لقد نحت المربون عملياً هذه الكلاب إلى ما يودون، مغيرين درجة لون وسمك فرائهم، وطول ومكان آذانهم، وحجم وشكل هيكلهم العظمي، وخصائص سلوكياتهم وأمزجتهم، وتقريباً كل شيء آخر.

فكر في التنوع الذي ستراه لو صُفَّتْ كل هذه الكلاب للاستعراض سويةً! لو بطريقة ما كانت توجد السلالات فقط كمتحجرات، لكان علماء المتحجرات سيعتبروهم ليسوا نوعاً واحداً بل أنواعاً كثيرة، يقيناً أكثر من ٣٦ نوعاً من الكلاب البرية يعيش في الطبيعة اليوم.[٢٩] في الحقيقة، فإن التنوع بين الكلاب الأليفة يفوق كثيراً ما بين أنواع الكلاب البرية. فلنأخذ على سبيل المثال صفة واحدة: الوزن. تتراوح أوزان الكلاب الأهلية ما بين الـ **Chihuahua** ذي الرطلين إلى الدِرواس الإنجليزي **English mastiff** ذي المئة وثمانين رطلاً، بينما تتراوح أوزان الكلاب البرية ما بين رطلين إلى ستين رطلاً. وليس هناك يقيناً كلب بري له شكل الـ **dachshund** أو وجه الـ **Pug** (*كلب أهلي صيني*).

يُثبت نجاح تربية الكلب شرطين من ثلاثة للتطور بالانتخاب. أولاً، لقد كان هناك تباين متسع في اللون والحجم والشكل والسلوك في خط التحدر السلفي للكلاب ليتيح إمكانية صنع كل السلالات. ثانياً، بعض ذلك التباين أُنتِج بالطفرات الجينية التي يمكن أن تورث، إذ لو لم تكن كذلك لما استطاع المربون تحقيق تقدم.

ما هو مذهل بشأن تربية الكلب مدى سرعة حصولها على نتائج. لقد انتُخِبَت كل هذه السلالات في أقل مـــن عشرة آلاف عام، وهو ٠.٠١% فقط من الزمن الذي استغرقته أنواع الكلاب البرية لتتنـــوع مـــن ســـلفها المشترك في الطبيعة. فإن كان الانتخاب الاصطناعي أمكنه إنتاج مثل هذا التنوع الكلبي سريعاً هكذا، يـــصِر أكثر سهولةً قبول أن التنوع الأقل للكلاب البرية قد نشأ بعمل الانتخاب الطبيعي خلال حقبة أطول بعـــشرة آلاف مرة.

هناك حقيقةً اختلاف واحد بين الانتخاب الاصطناعي والطبيعي. ففي الانتخاب الاصطناعي المُربِّي بدلاً من الطبيعة هو من يفرز المتغايرات إلى "جيدة" و"سيئة". بعبارة أخرى، معيار النجاح التكاثري هو الرغبة البشرية بدلاً من التكيف مع بيئة طبيعية. وأحياناً يتطابق هذان المعياران، انظر _كمثال_إلى الكلب السلوقي، الـــذي انتُخِب لأجل السرعة، الذي انتهى إلى شكل شديد الشبه للغاية بالفهد. هذا مثال على التطور المتلاقي: تعطي الضغوط الانتخابية المتشابهة نتائج متشابهة.

يمكن أن يمثل الكلب مثالاً على نجاح سائر مناهج التربية الأخرى، كما دوَّن داروين في (أصـــل الأنـــواع): *"يتحدث المربون عادة عن تنسيقِ حيوانٍ كشيءٍ لدائنيّ plastic تماماً، يمكنهم تشكيله تقريباً كما يودون"*.

إن سلالات الأبقار والخراف والخنازير والخضروات والزهور، وما إلى ذلك، كلهم نتجوا عن اختيار البـــشر للمتغايرات الموجودة في الأسلاف البرية، أو التباينات التي نشأت بـــالتطفر خـــلال التـــدجين. مـــن خـــلال الانتخاب، صار الدجاج التركي *(الرومي)* النحيل دجاجنا الوديع كثير اللحم الذي نحتفـــل بأكلـــه في عيـــد الشكر الأمركي، وهو كائن غريب الشكل، ذو صدر كبير جداً لدرجة أن الذكر التركـــي الأهلـــي لم يعـــد يستطيع اعتلاء الإناث، اللاتي يجب بدلاً من ذلك أن يخصبن صناعياً. لقد ربَّى داروين الحمام، ووصف التنـــوع الضخم لسلوكيات وأشكال الحمائم المختلفة، كلٌ أُنتُخِبوا من الحمام الطـــوراني الـــشائع (**rock dove** ذو ريش ملون وعلامات قزحية اللون على الرقبة ذو أصل أوربي). إنك لن تتعرف على سلفِ كوز الذرة الخاص بنا، الذي كان عشباً غير لافت للنظر. الطماطم تزن جرامات قليلة فقط، لكنها قد رُبيت اليـــوم حـــتى وزن الرطلين ذات مدة تخزين دون تلف كبيرة. الملفوف أو الكرنب البري قد أنتج خمـــسة خـــضروات مختلفـــة: البروكولي، والملفوف المربى، والكرنب الساقي أو أبا ركبة، وزهرة بروكسل، والقرنبيط، كـــلٌ قـــد انتُخِـــب لتعديل جزء مختلف من النبات (البروكولي كمثال هو ببساطة عنقود زهور مكبر مدموج). وتدجين كل نباتات المحاصيل البرية قد حدث خلال الاثني عشر ألف سنة الأخيرة.

إنه ليس مفاجئاً_من ثم_أن دارون بدأ (أصل الأنواع) ليس بنقاش عن الانتخاب الطبيعي أو التطور في البرية، بل بفصل يدعى "التنوع تحت التدجين" عن تربية الحيوانات والنباتات. لقد أدرك أن الناس لو أمكنهم قبول الانتخاب الاصطناعي_وهم مضطرون لذلك لأن نجاحه واضح للغاية_من ثم لا يكون عمل القفزة إلى الانتخاب الطبيعي صعباً جداً. كما سعى للبرهنة:

"تحت التدجين، ربما يكون من الصائب القول أن كل عملية التنسيق تصير لدائنية بدرجة ما. ولكن القابلية للتباين_التي نقابلها بلا استثناء تقريباً في منتجاتنا الداجنة.....وهل من الممكن من ثم، أن يُعتقَد بأنه مستحيل_رائين التباينات المفيدة للإنسان قد نشأت، بدون شك_أن تباينات أخرى مفيدة بطريقة ما لكل كائن في المعركة الهائلة والمعقدة من أجل الحياة ينبغي أن تحدث على مدى آلاف الأجيال؟"

وبما أن تدجين الأنواع البرية قد حدث في وقت قصير نسبياً فقط منذ أن صار البشر متحضرين، فقد أدرك دارون أنه لن يكون من المبالغة الكثيرة قبول أن الانتخاب الطبيعي يمكنه خلق تنوع أعظم خلال زمن أطول بكثير.

التطور في أنبوب الاختبار

يمكننا المضي خطوة أبعد. فبدلاً من المربين المختارين متغايراتٍ مفضلة، يمكننا جعل هذا يحدث "طبيعياً" في المعمل، بتعريض مجموعة سكانية حبيسة إلى تحديات بيئية جديدةٍ. هذا أسهل أن يُعمَل في الميكروبات (*المجهريات*) كالبكتريا، التي تستطيع الانقسام عادة مرة كل عشرين دقيقة، مُمكِّنة إيانا من ملاحظة تغير تطوري خلال آلاف الأجيال في الوقت المستغرق ما بين بدء التجربة والحصول على النتائج. وهذا التغير التطوري الحقيقي يبرهن على كل الثلاث متطلبات للتطور بالانتخاب: التباين، والقابلية للتوارث، والبقاء والتكاثر التفاضلي للمتغايرات. رغم أن التحدي البيئي مصنوع من قِبَل البشر، فإن هذه الأنواع أكثر طبيعيةً من الانتخاب الاصطناعي لأن البشر لا يختارون أي الأفراد سيصلون إلى التكاثر.

فلنبدأ مع تكيفات بسيطة. تستطيع الميكروبات التكيف مع أي شيء فعلياً يلقيه العلماء عليها في المعمل: الحرارة العالية أو المنخفضة، والمضادات الحيوية، والسموم، والمجاعة، والأغذية الجديدة، وأعدائهم الطبيعيين الڤيروسات. لعل الدراسة الأطول أمداً من هذا النوع قد نُفِّذت من قبل **Richard Lenski** من جامعة

Michigan State University. ففي عام ١٩٨٨م وضع Lenski سلالات متماثلة جينياً مــن بكتريــا E.coli إي كولاي المعوية الشائعة تحت ظروف يُفرَغ فيها طعامها_وهو سكر الجلوكوز_كل يــوم ثم يُعــاد تجديده في اليوم التالي. وبالتالي كانت هذه تجربة لاختبار قدرة الميكروب على التكيف مع بيئة وليمة فمجاعة. خلال الثمانية عشر سنة التالية (أربعون ألف جيل بكتريا) استمرت البكتريا في مراكمة طفرات جديدة مكيفة أنفسها مع هذه البيئة الجديدة. اليوم تحت ظروف الطعام المتغيرة يتكاثرون أسرع بـــ ٧٠% مـــن الـــسلالة الأصلية غير المنتخبة. تستمر البكتريا في التطور، ولقد تعرف Lenski وزملاؤه على تسع جينات على الأقل أدت طفراتها إلى التكيف.

لكن التكيفات "المعملية" يمكن أن تكون أيضاً أكثر تعقيداً، متضمنة تطور أنظمة كيميائي حيويــة جديــدة بالكامل. لعل التحدي الأقصى هو ببساطة نزع جين يحتاجه الميكروب للبقاء حياً في بيئة معينة، ورؤية كيفيــة استجابته. هل يقدر أن يتطور ملتفاً حول هذه المشكلة؟ الإجابة عادةً هي أجل. في تجربة درامية، بدأ Barry Hall وزملاؤه من جامعة University of Rochester دراسة بحذف جين من E.coli. يُنتج هذا الجــين إنزيماً يمكن البكتريا من تكسير سكر اللاكتوز إلى عناصر أبسط يمكن أن تُستعمل كطعام. ثم وُضِعت البكتريــا منزوعة الجين في بيئة تحتوي على اللاكتوز كمصدر الغذاء الوحيد. في الأول_بالتأكيد_افتقــدت الإنــزيم ولم تستطع التكاثر. لكن بعد وقت قصير فقط، تولى وظيفة الجين المفقود إنزيم آخر الذي_بينما لم يكن قادراً سابقاً على تكسير اللاكتوز_استطاع الآن عمل هذا بضعف شديد بسبب طفرة جديدة. أخيراً، حدثت طفرة أخرى تكيفية علاوة: أزدات كمية الإنزيم الجديد نتيجة لذلك أمكن استعمال اللاكتوز بدرجة أكبر. آخــر الأمــر، مكَّنت طفرة ثالثة عند جين مختلف آخر البكتريا من استهلاك اللاكتوز من البيئة بسهولة أكثر. بكــل هــذا سويةً، ترينا هذه التجربة تطور سبيل كيميائي حيوي معقد مكّن البكتريا من التكاثر على طعــام غــير قابــل للاستهلاك سابقاً. دوناً عن التطور التدجيني، فلهذه التجربة درسان هامان. أولاً، يستطيع الانتخاب الطبيعــي تأسيس تطور الأنظمة الكيميائي حيوية المعقدة المترابطة التي تعتمد فيها كل الأجزاء على أحدها الآخر، رغــم ادعاآت الخلقيين أن هذا مستحيل. ثانياً_كما قد رأينا تكراراً_فإن الانتخاب لا يخلق صــفات جديــدة مــن العدم، بل هو يُنتج تكيفات جديدة بتعديل سمات موجودة من قبل.

يمكننا حتى أن نرى أصل الأنواع البكتيرية الجديدة المتنوعة بيئياً، الكل في دورق معملي واحد. فقد وضــع Paul Rainey وزملاؤه من جامعــة Oxford University ســلالة مــن بكتريــا Pseudomonas fluorescens في وعاء صغير محتوٍ على محلول مُغذٍّ، وببساطة راقبوه. (أنه مفاجئ لكنــه صــحيح أن وعــاء

كهذا يحتوي حقيقةً بيئات متنوعة. على سبيل المثال، كثافة الأكسجين هي الأعلى على القمة والأدنى على القاع). خلال عشرة أيام_ليس أكثر من مئات الأجيال_تطورت البكتريا السلفية الخامدة حرة الحركة إلى شكلين إضافيين يشغلان جزآ الوعاء المختلفين. أحدهما دعي "الموزع المتغضن" شكَّلَ شبكته على سطح المحلول، والآخر دعي "الموزع الزغبي" شكَّلَ فَرشَة على القاع. واستمر النوع السلفي الخامد في البيئة السائلة في الوسط. كلا الشكلين الجديدين كانا مختلفين جينياً عن السلف، قد تطورا من خلال الطفرة والانتخاب الطبيعي ليتكاثرا أفضل في بيئتيهما الخصوصيتين. من ثم، فهاهنا ليس فقط تطور بل استنواع حادث في المعمل: الشكل السلفي أنتج وتشارك الوجود مع متحدرين مختلفين بيئياً، وفي البكتريا تُعتبر أشكال كهذه أنواعاً واضحة. خلال وقت قصير جداً، أنتج الانتخاب الطبيعي على الـ **Pseudomonas** "تكيفاً تشعبياً" في نطاق ضيق، المرادف لكيفية تشكيل الحيوانات والنباتات للأنواع حين يواجهون بيئات جديدة على جزر محيطية.

مقاومة العقاقير والسموم

عندما قُدِّمَت المضادات الحيوية لأول مرة في أربعينيات القرن العشرين، اعتقد كل امرئ أنهم قد حلوا أخيراً مشكلة الأمراض المُعدية التي تتسبب فيها البكتريا. لقد عملت العقاقير على نحو جيد للغاية لدرجة أن كل واحد تقريباً مصاب بالدرن، أو التهاب الحنجرة المتقرح، أو التهاب الرئة أمكن علاجه بزوج من الحقن البسيطة أو زجاجة من الحبوب. لكننا نسينا شأن الانتخاب الطبيعي. مُسلِّمين بأحجام مجموعاتهم السكانية الضخمة وعمر الأجيال القصير_وهي الصفات التي تجعل البكتريا نموذجية لدراسات التطور في المعمل_فإن احتمال حدوث طفرة تُنتِج مقاومة للمضاد الحيوي مرتفع. والبكتريا التي تقاوم العقار ستكون هي التي تبقى، تاركة وراءها ذرية متطابقة جينياً مقاومة للعقار هي أيضاً. في آخر الأمر، تضعف فعالية العقار، ومرة جديدة يكون لدينا مشكلة طبية. لقد أضحى هذا أزمة خطيرة بالنسبة إلى بعض الأمراض. فكمثال، هناك اليوم سلالات من بكتريا الدرن مقاومة ضد كل العقاقير التي قد استخدمها الأطباء عليها. وبعد حقبة طويلة من الأدوية والتفاؤل، صار مرض السل أو الدرن مرة ثانية مرضاً مميتاً.

هذا هو الانتخاب الطبيعي خالصاً وبسيطاً. يعلم كل امرئ بشأن مقاومة العقاقير، لكنه لا يُدرك غالباً أن هذا هو بشأن أفضل مثال لدينا على الانتخاب في عمله. (لو وُجِدت هذه الظواهر في عهد دارون لكان جعلها بالتأكيد جزءً مركزياً من كتابه أصل الأنواع). إنه اعتقاد شائع باتساع لدى العوام أن مقاومة العقاقير تحدث

بسبب أن المرضى أنفسهم على نحو ما يتغيرون بطريقة تجعل الدواء أقل تأثيراً. لكن هذا خطأ، فإن المقاومة تأتي من تطور الميكروبات، لا تعود المرضى على العقاقير.

مثال رئيسي آخر على الانتخاب هو مقاومة البنسلين. فعندما قُدِّم في أوائل أربعينيات القرن العشرين، كان الإنسولين عقاراً معجزة، فعال على نحو خاص في علاج العدوى التي تسببها بكتريا **Staphylococcus aureus ("staph")**. في عام ١٩٤١ تمكن العقار من القضاء على كل سلالات تلك البكتريا في العالم. اليوم، بعد سبعين عاماً، أكثر من ٩٥% من سلالاتها مقاومة للبنسلين. ما حدث هو أن طفرات حدثت في أفراد البكتريا أعطتهم القدرة على تدمير العقار، وبالتأكيد انتشرت هذه الطفرات عالمياً. كردٍّ، جاءت صناعة الأدوية بمضاد حيوي جديد، الـ **methicillin**، لكن حتى ذلك يصير اليوم بلا فائدة بسبب طفرات أحدث. في كل الحالات، تعرف العلماء على التغيرات الدقيقة في الحمض النووي البكتيري التي أعطت مقاومة للعقار.

الڤيروسات_أصغر شكل للحياة النشوئية_قد طورت أيضاً مقاومة للعقاقير المضادة للڤيروسات، أكثرها جدارة بالذكر هو(**AZT (azidothymidine**، صُمِّم لمنع ڤيرَس الـ **HIV** المسبب لنقص المناعة المكتسبة **AIDS** من التضاعف في الجسم المعدى. يحدث تطور الڤيرَس في جسد مريض واحد، حيث أن الڤيرَس يتطفر بسرعة شديدة، متجاً آخر الأمر مقاومة وجاعلاً آخر الأمر **AZT** غير فعال. اليوم نبقي الإيدز في حالة دفاعية بخليط من ثلاثة عقاقير يومي، وإن يكن التاريخ مرشداً على أي نحو، فهذا أيضاً سيتوقف عن العمل تماماً آخر المآل.

تطور المقاومة يخلق سباق تسلح بين البشر والكائنات المجهرية، ليس الرابحون فيها هم البكتريا فقط بل وأيضاً صناعة الأدوية، التي تخترع باستمرار عقاقير للتغلب على الفاعلية المتضائلة للقديمة. لكن لحسن الحظ هناك بعض الحالات المثيرة لكائنات مجهرية لم تنجح في تطوير مقاومة. (يجب أن نتذكر أن نظرية التطور لا تتنبأ بأن كل شيء سيتطور، إن لم يمكن أن تنشأ الطفرات الصحيحة فلن يحدث التطور). فعلى سبيل المثال، أحد أشكال الـ **Streptococcus** يسبب التهاب الحنجرة المتقرح، وهي عدوى شائعة في الأطفال. لقد أخفقت هذه البكتريا في تطوير ولو أوضع مقاومة للبنسلين، الذي يظل العلاج المختار. وبخلاف ڤيرَس الإنفلونزا، فإن ڤيرَسي شلل الأطفال والحصبة لم يطورا مقاومة للقاحات التي اليوم قد استُعمِلت لأكثر من خمسين عاماً.

وبعد فهناك أنواع أخر قد تكيفت من خلال الانتخاب مع البشر مسببي التغيرات في بيئتها. فالحشرات قد صارت مقاومة للـ DDT ومبيدات حشرية أخرى، والنباتات قد تكيفت مع مبيدات الأعشاب الطفيلية، والفطريات والديدان والطحالب قد طورت مقاومة للمعادن الثقيلة التي قد لوثت بيئتهم. يبدو أن هناك دائماً تقريباً أفراداً قلائل ذوي طفرات محظوظة تمكنهم من البقاء أحياء والتكاثر، وسرعان ما تتطور المجموعة السكانية المتحسِّسة إلى مقاومِة. من ثم يمكننا القيام بتنبؤ معقول: عندما تواجه مجموعة سكانية ضغطاً ليس آتياً من البشر_مثل تغير في الملوحة أو الحرارة أو سقوط المطر_غالباً ما سينتج الانتخاب الطبيعي استجابةً تكيفية.

الانتخاب في البرية

الاستجابات التي رأيناها للضغوط والمواد الكيميائية المفروضة من قبل البشر تشكل انتخاباً طبيعياً بأي عقلانية ذات منطق. رغم أن وسائل الانتخاب قد اختُرعت من قِبل البشر، فإن الاستجابة طبيعية على نحو صرف و_كما قد رأينا_يمكن أن تكون معقدة تماماً. لكن لعله سيكون مقنعاً بدرجة أكبر رؤية كامل العملية تعمل في الطبيعة، دون تدخل بشري. بمعنى: نريد أن نرى مجموعة سكانية طبيعية تواجه تحدياً طبيعياً، نريد أن نعرف ما هو ذلك التحدي، ونريد أن نرى المجموعة السكانية تتطور مُواجَهَةً له أمام أعيننا.

لا يمكننا توقع أن يكون هذا حدثاً شائعاً. لأجل شيء واحد: أن الانتخاب الطبيعي في البرية بطيء جداً غالباً على نحو لا يصدق. فتطور الريش_كمثال_على الأرجح استغرق مئات الآلاف من السنوات. فلو أن الريش كان يتطور اليوم لكان مستحيلاً ببساطة مشاهدة هذا يحدث في وقت التجربة، وهو أقل بكثير من قياس نوع الانتخاب أياً كان الذي كان يعمل على جعل الريش أكبر. فإن نكن بصدد رؤية انتخاب طبيعي على الإطلاق، فلابد أن يكون انتخاباً قوياً، يسبب تغيراً سريعاً، وسيكون أفضل لنا النظر إلى حيوانات أو نباتات لها أعمار أجيال قصيرة بحيث يمكن أن تُرى التغيرات التطورية خلال أجيال كثيرة. ونحتاج أن نقدم ما هو أفضل من البكتريا: يريد الناس رؤية الانتخاب فيما يدعى بالنباتات والحيوانات الراقية.

علاوة على هذا، لا ينبغي أن نتوقع أكثر من تغيرات صغيرة في سمة واحدة أو سمات قلائل للأنواع، وهو ما يُعرَف بالتغير التطوري الصغير. مُسلِّمين بالتقدم التدريجي للتطور، فإنه غير متعقل أن نتوقع رؤية الانتخاب يحوّل نوعاً من النباتات أو الحيوانات إلى آخر_وهو ما يدعى بالتطور الكبير_خلال عمر إنسان. رغم أن التطور الكبير يحدث اليوم، فإننا ببساطة لن نعيش طويلاً كفاية لنراه. فلنتذكر أن القضية ليست ما إذا كان

التغير التطوري الكبير يحدث_فنحن بالفعل نعرف من سجل المتحجرات أنه يحدث_بل ما إذا كان تُسُبِّب فيه بالانتخاب الطبيعي، وما إذا كان الانتخاب الطبيعي يمكنه بناء السمات المعقدة والأعضاء.

هناك عامل آخر يجعل عسيراً رؤية انتخاب في وقت تجربة هو أن نمط الانتخاب الشائع نفسه لا يجعل الأنواع تتغير. فكل نوع متكيف على نحو بارع، مما يعني أن الانتخاب قد جعلها فعلياً متسقة مع بيئاها. لعل الأحداث العرَضية للتغير الذي يحدث عندما يواجه نوع تحديات بيئية جديدة نادرة مقارنة بالحقب التي لا يكون هناك بها أي شيء جديد للتكيف معه. لكن ذلك لا يعني أن الانتخاب لا يحدث. فعلى سبيل المثال، لو أن نوعاً من الطيور قد طور حجم الجسد الأمثل لبيئته، ولا تتغير تلك البيئة، سيعمل الانتخاب فقط على غربلة الطيور الأكبر أو الأصغر من الحجم الأمثل. لكن هذا النوع من الانتخاب_ويدعى بالانتخاب المرسِّخ أو المُوطِّد_لن يغير متوسط حجم الجسد: فإن تنظر إلى المجموعة السكانية من جيل إلى التالي، لن يتغير شيء كثير (رغم أن جينات كل من الحجم الكبير والصغير ستُزال). يمكننا أن نرى هذا_على سبيل المثال_ بالنسبة إلى وزن الميلاد في أطفال البشر حديثي الولادة. تثبت إحصائيات المستشفيات على نحو ثابت أن الطفال حديثي الولادة الذين لهم متوسط أوزان ميلاد حوالي ٧,٥ رطل في الولايات المتحدة وأوربا يبقون أحياء أفضل من كلٍ من الأطفال الأخف وزناً (مولودين خدجاً أو من أمهات سيئات التغذية) أو الأثقل وزناً (الذين لديهم عقبات في ولادهم).

من ثم، إن نُرِد رؤية الانتخاب في عمله، ينبغِ أن ننظر إلى أنواع لها أعمار أجيال قصيرة وتتكيف مع بيئة جديدة. هذا أرجح أن يحدث إما عندما يجتاح نوع موطناً جديداً أو يمر بتحدٍ بيئي قاس. وبالفعل، ذلك هو حيث تكون الأمثلة.

أشهر الأمثلة_والذي لن أستفيض فيه كما وُصف بالتفصيل في كل موضع آخر (انظر_على سبيل المثال_كتاب **Jonathan Weiner** الرائع: منقار البرقش–قصة تطور في زمننا)_ هو تكيف طائرٍ مع تغير شاذ في الطقس. لقد دُرِس البرقش متوسط الحجم ملازم الأرض الخاص بجزر الجالاباجوس لعدة عقود من قِبل **Peter and Rosemary Grant** من جامعة **Princeton University** وزملاؤهما. ففي عام ١٩٧٧، قلل جفاف حاد في الجالاباجوس على نحو عنيف مؤونة البذور على جزيرة **Daphne Major**. أُجبِر هذا البرقش_الذي يفضل على نحو طبيعي البذور الصغيرة اللينة_على التحول إلى الأكبر والأصلب. تثبت التجارب أن البذور الصلبة تُكسَر بسهولة فقط من قبل الطيور الأكبر، التي لديها مناقير أكبر وأقوى. كانت

النتيجة أن الأفراد كبيري المناقير فقط حصلوا على غذاء كاف، بينما ذوو المناقير الأصغر جاعوا حتى الموت أو كانوا سيئي التغذية جداً عن أن يتكاثروا.ترك الباقون أحياء كبيرو المناقير ذريةً أكثر، وفي الجيـــل التـــالي زاد الانتخابُ الطبيعي متوسطَ حجم المنقار بنسبة ١٠% (زاد حجم الجسد كذلك).هذا معدل مدهش صـــاعق للتغير التطوري، أكبر بكثير من أي شيء نراه في سجل المتحجرات. فبالمقارنة فإن حجم المخ في سلسلة تحـــدر البشر قد زاد بمتوسط حوالي ٠.٠٠١% للجيل. وكل شيء اشترطناه للتطور بالانتخاب الطبيعـــي قـــد وُثِّـــق بإسهاب من قِبل **Grant** في دراسات أخرى: تباين الأفراد في المجموعة الـــسكانية الأصـــلية الأولى في عمـــق المنقار، ونسبة كبيرة من ذلك التباين كانت جينية، وقد ترك الأفراد ذوو المناقير المختلفة أعـــداد ذريـــات في الاتجاه المتنبَّأ به.

مسلِّمين بأهمية الطعام للبقاء أحياء، فإن القدرة على جمعه وأكله وهضمه بفاعلية هي قوة انتخابية قويـــة. إن معظم الحشرات نوعيي المضيف: أي الذين يتغذون ويضعون بيضهم فقط على نوع واحد أو أنواع قليلة مـــن النباتات. في مثل هذه الحالات تحتاج الحشرة إلى تكيفات لاستهلاك النباتات، يتضمن ذلك جهاز تغذية ملائم لبزل مواد النبات الغذائية، ونظام أيض يزيل أي سموم نباتية، ودائرة تكاثرية تنتج الصغار عندما يكون هنـــاك طعام متاح (فترة إثمار الشجرة). وبماأن هناك حشرات كثيرة أقرباء تستخدم نباتات مضيفة مختلفة، فلابـــد أن قد كان هناك تحولات من نبات إلى آخر خلال الزمن التطوري. هذه التحولات_مساوية لاســـتعمار مـــوطن مختلف تماماً_لابد أنه قد رافقها انتخاب قوي.

لقد رأينا_في الحقيقة_هذا قد حدث خلال العقود القليلة الأخيرة في بقـــة شـــجرة الـــصابون الاســـتوائية **soapberry bug (Jadera haematoloma)** الخاصة بالعالم الجديد. تعيش البقة على نباتين متوطنين في جزئين مختلفين من الولايات المتحدة الأمركية: شجيرة "التوت" الصابوني أو الرغوي في شمالي وســـط أمركـــا، والكرمة المنتفخة المعمرة لثلاث سنوات أو أكثر في جنوبي فلوردا. بمنقارها الطويل الشبيه بالإبرة تخترق البقـــة فواكه هاتين النبتتين وتلتهم البذور بداخلها، مذيبة محتوياهّا وماصة إياها. لكن خـــلال الـــسنوات الخمـــسين الأخيرة، استعمرت البقة ثلاث نباتات أخرى جُلبت إلى منطقتها. إن ثمار هذه النباتات مختلفة جداً في الحجـــم عن مضيفتيها المتوطنة بهما: اثنتان أكبر بكثير وواحدة أصغر بكثير.

تنبأ **Scott Carroll** وزملاؤه أن هذا التحول الاستضافي سيسبب انتخاباً طبيعياً لمتغيرات حجم المنقـــار. ينبغي أن يُطور البق مستعمر الأنواع ذوات الثمار الأكبر مناقير أكبر ليخترق الثمار ويصل إلى البذور، بينمـــا

سيتطور البق مستعمر النوع ذي الثمار الأصغر في الاتجاه المعاكس. هذا ما قد حدث بالضبط، مع تغير طـول المنقار إلى ما يصل إلى ٢٥% في عقود قليلة. ربما لا يبدو هذا ككثير، لكنه هائل بالمعدلات التطورية، خاصـة على المدى القصير لمئة جيل.[٣٠] لتوضيح هذا للذهن، لو أن معدل تطور منقار البقة ثبت لعشرة آلاف جيـل (خمسة آلاف سنة)، لازداد حجماً بمعامل خمسة بلايين تقريباً، ليصير طوله حوالي ١٨٠٠ ميل طولاً، وقـادراً على تسييخ فاكهة بحجم القمر! هذا التصوير المضحك والغير واقعي قُصِد به_بالتأكيد_إظهار القوة التراكمية للتغيرات البادية صغيرة ظاهرياً.

هاك تنبأً آخر: تحت ظرف الجفاف الطويل، سيؤدي الانتخاب الطبيعي إلى تطور نباتاتٍ إزهارُها أبكر مـن أسلافها. هذا لأن_خلال الجفاف_تجف التربة سريعاً بعد الأمطار. إن كنتَ نباتاً لا يزهر وينتج البذور سريعاً في جفافٍ فلن تترك أي أنسال. أما تحت ظروف الطقس الطبيعي_من ناحية أخرى_فإنه من الأجدى تـأخير الإزهار لكي تستطيع النمو أكبر وتنتج بذوراً أكثر.

لقد اختُبِر هذا التنبؤ في تجربة طبيعية تضمنت نبات الخردل البري (Brasssica rapa) المجلوب إلى ولاية كاليفورنيا منذ حوالي ثلاثمئة سنة ماضية. بدءً من عام ٢٠٠٠م عانى جنوب كاليفورنيا من جفافٍ قاسٍ لخمس سنوات. قاس Arthur Weis وزملاؤه من جامعة University of California زمن ازدهـار أشـجار الخردل عند بداية ونهاية هذه الفترة. على نحو مؤكد كفايةً، لقد غير الانتخاب الطبيعـي زمـن الازدهـار في الاتجاه المُتنبَّأ به تماماً: بعد انتهاء الجفاف، بدأت نباتات الخردل في الازدهار أبكر بأسبوع عن ما فعله أسلافها.

هناك أمثلة كثيرة أخرى، لكنها كلها تبرهن على نفس الشيء: يمكننا أن نشهد مباشرة الانتخاب الطبيعـي مؤدياً إلى تكيف أفضل. كتاب (الانتخاب الطبيعي في البرية) لعالم الأحياء John Endler يُوثِّق أكثر مـن ١٥٠ حالة لتطور ملاحَظ، وفي حوالي ثلث هذه الحالات لدينا فكرة جيدة عن الكيفيـة الـتي عمـل بهـا الانتخاب. إننا نرى ذباب فاكهة يتكيف مع الحرارة الشديدة، ونحل عسل يتكيف مع منافسيه، وأسماك براقـة guppies تصير أقل تلوناً للهرب من ملاحظة المفترسين. فكم أمثلة أكثر نحتاجها؟

هل يستطيع الانتخاب بناء التعقيد؟

لكن حتى لو اتفقنا على أن الانتخاب الطبيعي يعمل حقاً في الطبيعة، فما مدى العمل الذي يمكنه عمله حقيقةً؟ بالتأكيد، يمكن للانتخاب أن يغير مناقير الطيور، أو فترة ازدهار النباتات، لكن هل يمكنه بناء التعقيد؟ ماذا عن الصفات المعقدة كطرف الكائن رباعي الأرجل، أو التكيفات الكيميائي حيوية المعقدة مثل تجلط الدم (عند الانجراح)، الذي يتضمن سلسلة دقيقة من الخطوات تتضمن الكثير من البروتينات، أو ربما أكثر الأعضاء المعقدة التي قد تطورت على الإطلاق.

إننا الآن بصدد عائق إلى حد ما، لأن السمات المعقدة_كما نعلم_تستغرق زمناً طويلاً للتطور، ومعظمها قد تطورت في الماضي البعيد عندما لم نكن هناك لنرى كيف حدثت. بالتالي كيف يمكننا أن نكون متأكدين أن الانتخاب قد تُضُمِن؟ كيف نعلم أن الخلقيين مخطؤون عندما يقولون أن الانتخاب يمكنه عمل تغيرات صغيرة في الكائنات لكنه عاجز عن عمل الكبيرة؟

لكن أولاً يجب أن نسأل: ما هي النظرية البديلة؟ إننا لا نعلم أي عملية طبيعية أخرى يمكنها بناء تكيف معقد. أكثر البدائل المقترحة شيوعاً يأخذنا إلى مجال فوق الطبيعة. هذا_بالتأكيد_هو مذهب الخلقية، المعروف في تجسده الأخير بـ"التصميم الذكي". يقترح مؤيدو التصميم الذكي أن مصمماً فوق طبيعي قد تدخل في أوقات كثيرة خلال تاريخ الحياة، سواء بجلب التكيفات المعقدة إلى الوجود لحظياً التي لا يستطيع الانتخاب الطبيعي زعماً صنعها، أو إنتاج "طفرات معجزية" لا يمكن أن تحدث بالصدفة. (وبعض أنصار التصميم الذكي يمضون أبعد، وهم الخلقيون المتطرفون أصحاب عقيدة "الأرض الحديثة" الذين يعتقدون أن كوكب الأرض عمره حوالي ستة آلاف سنة وأن الحياة ليس لها تاريخ تطوري على الإطلاق).

بشكل رئيسي، فإن التصميم الذكي فرضية غير عملية، لأنها تحتوي على نطاق واسع على ادعاآت غير قابلة للاختبار. فكيف_كمثال_ يمكننا تحديد ما إذا كانت الطفرات حوادث بحتة في نسخ الحمض النووي أو أريدَ أن تأتي إلى الوجود من قِبَل خالقٍ؟ لكننا نستطيع الاستمرار في السؤال ما إذا كانت هناك تكيفات لا يمكن أن تكون قد بُنيَت بالانتخاب، مما يتطلب حينئذٍ التفكير في آلية أخرى. اقترح مؤيدو التصميم الذكي الكثير من التكيفات التي يرونها كذلك، كالأسواط البكتيرية (عضيات صغيرة، شكلها كالشعر، ذات محرك جزيئي، تستخدمها بعض أنواع البكتريا لتسيير نفسها) وآلية تجلط الدم. هذه حقاً صفات معقدة: على سبيل

المثال، تتألف الأسواط من دستات من البروتينات المختلفة، كلها يجب أن تعمل بتناغم لأجل المُسَيِّر ذي شكل الشعرة ليتحرك.

يجادل مؤيدو التصميم الذكي أن مثل هذه الصفات_متضمنة أجزاءً كثيرة يجب أن تتعاون لأجل تلك الصفة لتعمل من الأساس_تتحدى التفسير الداروني. ولذا_نتيجةَ عجزها_لابد أنها قد صُمِّمَت من قِبَل قوة خارقة للطبيعة. هذا ما يسمى على نحو شائع بجدلية "إله الفراغات"، وهي جدلية من الجهل. وما تقوله في الحقيقة هو أننا إن نكن لا نفهم كل شيء بصدد كيفية بناء الانتخاب الطبيعي لصفة، فإن هذا الافتقاد للفهم نفسه دليل على الخلق الخارق للطبيعة.

يمكنك على الأرجح أن ترى لماذا لا تصمد هذه الجدلية للنقد (*في النص الإنجليزي حرفياً: لماذا لا تحجز هذه الجدلية ماءً كناية في اللغة الإنجليزية*). إننا لن نكون قادرين أبداً على إعادة بناء الكيفية التي صنع بها الانتخاب الطبيعي كل شيء، فالتطور حدث قبل أن نكون على مسرح الأحداث، وستكون بعض الأشياء غير معلومة دائماً. لكن علم الأحياء التطوري ككل علمٍ: لديه ألغازه، والكثير منها قد حُلّ، واحداً تلو الآخر. إننا نعلم_على سبيل المثال_من أين أتت الطيور، إنها لم تُخلَق من العدم (كما اعتاد الخلقيون أن يؤكدوا)، بل تطورت تدريجياً من الديناصورات. وفي كل مرة يُحل فيها لغز، يُجبَر التصميم الذكي على التراجع. وبما أن فرضية التصميم الذكي نفسها لا تقوم بادعاآت علمية قابلة للاختبار، بل تقدم انتقادات نصف مخبوزة لنظرية التطور، فإن مصداقيتها تتلاشى ببطء مع كل تقدم في فهمنا. علاوة على هذا، فإن تفسير التصميم الذكي للصفات المعقدة_هوى مُصمِّم خارق للطبيعة_يمكن أن يفسر أي ملاحظة ممكن تصورها عن الطبيعة. فربما حتى كان هوى الخالق أن يجعل الحياة تبدو كما لو أنها قد تطورت (بجلاء يعتقد الكثير من الخلقيين هذا، رغم أن قليلين منهم يفسحون مجالاً للتطور). لكن إن تكن لا تستطيع التفكير في ملاحظة يمكن أن تدحض نظرية، فتلك النظرية ببساطة ليست علمية.

كيف_رغم هذا_يمكننا دحض ادعاء الخلقيين أو أنصار التصميم الذكي أن بعض الصفات تدحض ببساطة أي أصل بالانتخاب الطبيعي؟ في مثل تلك الحالات فإن العبأ لا يقع على علماء الأحياء أن يضعوا رسماً تخطيطياً لسيناريو دقيق تدريجي موثَّق لكيفية نشوء الصفات المعقدة بالضبط. فهذا سيتطلب معرفة كل شيء عن ما حدث حين لم نكن في الوجود، وهو شيء مستحيل بالنسبة إلى معظم الصفات وإلى كل السبل الكيميائي حيوية تقريباً. كما برهن عالما الكيمياء الحيوية **Ford Doolittle and Olga Zhaxybayeva**

عندما تناولا ادعاء التصميم الذكي أن السوط لا يمكن أن يكون قد تطور: *"لا يحتاج علماء التطور إلى الاضطلاع بالتحدي المستحيل أن يعطوا معلومات مفصلة عن كل تفصيلة لتطور السوط. إننا نحتاج فقط أن نثبت أن تطوراً كهذا_متضمناً عمليات وعناصر ليست بخلاف ما عرفناها من قبل ونستطيع الاتفاق عليها_ملائم."* وعنيا بكلمة "ملائم" أنه لابد أن هناك صفات سابقة تطورية لكل صفة جديدة، وأن تطور تلك الصفة لا ينتهك الشرط التطوري بأن كل خطوة في بناء تكيف تفيد مالكها.

في الواقع، لا نعلم أي تكيفات لا يمكن أن تتضمن أصولها الانتخاب الطبيعي. كيف يمكننا أن نكون متأكدين؟ لأجل السمات التشريحية، فنحن يمكننا ببساطة تتبع تطورها (عندما يمكن) في السجل الأحفوري، ورؤية بأي ترتيب حدثت التغيرات المختلفة. من ثم يمكننا تحديد ما إذا كانت تسلسلات التغيرات تتطابق على الأقل مع عملية تكيفية تدريجية. وفي كل حالة، يمكننا أن نجد على الأقل تفسيراً تطورياً ملائماً. لقد رأينا هذا بالنسبة إلى تطور الحيوانات البرية من السمك، والحيتان من حيوانات برية، والطيور من زواحف. إنها لم تكن تحتاج أن تتطور بتلك الطريقة. فعلى سبيل المثال، كان يمكن أن يسبق تحركُ المنخرين إلى أعلى الرأس في الحيتان السلفية تطورَ الزعانف، وحينئذٍ كان هذا سيكون فعل العناية الإلهية لخالقٍ، ولا يمكن أن يكون قد تطور بالانتخاب الطبيعي. لكننا دوماً نرى ترتيباً تطورياً يصنع منطقاً تطورياً.

إن فهم تطور السمات والسبل الكيميائي حيوية المعقدة ليس يسيراً، حيث أنها لم تترك أثراً في السجل الأحفوري. إن تطورها لابد أن يُعاد بناؤه بسبل أكثر تخمينيةً، محاولين رؤية كيفية اتحاد مثل هذه السبل سوية من بوادر كيميائي حيوية أبسط. وسنريد أن نعرف خطوات هذا الاتحاد (أو التجمع)، لنرى ما إذا كانت كل خطوة جديدة يمكن أن تؤدي إلى تلاؤم مُحَسَّن.

رغم أن مناصري التصميم الذكي يزعمون يداً خارقة للطبيعة وراء هذه السبل أو المتتاليات، فإن الأبحاث العلمية المثابرة قد بدأت في تقديم سيناريوهات معقولة (وقابلة للاختبار) لكيفية إمكان تطورهم. ولنأخذ على سبيل المثال، متتالية تجلط الدم في الفقاريات. هذا يتضمن سلسلة من الأحداث تبدأ عندما يلتصق بروتين بآخر جوار جرح مفتوح. ذلك يتسبب في رد فعل تسلسلي معقد، من ستة عشر خطوة، كلٌ تتضمن تفاعلاً بين زوجٍ مختلف من البروتينات ويبلغ ذروته بتكوين الجلطة نفسها. بالإجمال أكثر من عشرين بروتيناً متضمناً. كيف يُحتمَل أن هذا يمكن أن يتطور؟

إننا لا نعلم بعد على وجه اليقين، إلا أننا لدينا دليل على أن ذلك النظام يمكن أن يؤسَّس على نحو تكيفي من بوادر (عناصر أقدم). فالكثير من بروتينات تجلط الدم قد صُنِعت بجينات أقارب نشأت بالتضاعف، وهو شكل للطفرة فيه يصير جين سلفي_ولاحقاً متحدراته_مضاعفاً بالكامل على طول جديلة الحمض النووي بسبب خطأ أثناء نسخ الخلية. حينما تنشأ، فإن مثل هذه الجينات المضاعَفة يمكن بعد ذلك أن تطور معاً متتاليات كيميائية مختلفة بحيث تؤدي في النهاية وظائف مختلفة، كما تفعل الآن في تجلط الدم. وإننا نعلم أن بروتينات وإنزيمات أخرى في السبيل الكيميائية لها وظائف مختلفة أخرى في المجموعات التي قد نشأت قبل الفقاريات. فعلى سبيل المثال، إن بروتيناً أساسياً في متتالية تجلط الدم يدعى **fibrinogen** مُولِّد الليفين، والذي هو مذاب في بلازما الدم. في آخر خطوة لتجلط الدم، يُقطَع هذا البروتين بإنزيم، وتلتصق البروتينات الأقصر سوياً (تدعى **fibrins** أو الليفين كما تُرجمت في العربية) وتصير عديمة الذوبان مشكِّلة الجلطة النهائية. وبما أن مولد الليفين **fibrinogen** يوجد في كل الفقاريات كبروتين تجلط للدم، فمن المفترض أنه قد تطور من بروتين له وظيفة مختلفة في الأسلاف الغير فقارية، التي وُجِدت أقدم لكنها افتقدت متتالية تجلط. رغم أن مصمماً ذكياً كان سيمكنه اختراع بروتين ملائم، فإن التطور لا يعمل بتلك الطريقة. لابد أن هناك بروتيناً سلفياً تطور عنه مولِّد الليفين.

لقد تنبأ **Russell Doolittle** من جامعة **University of California** بأننا سنجد بروتيناً كهذا، و_على نحو مؤكد كفاية_في عام ١٩٩٠م اكتشفه هو وزميله **Xun Xu** في خيار البحر، وهو لا فقاري يُستعمَل أحياناً في الطبخ الصيني. لقد انفصل خيار البحر عن خط تحدر الفقاريات منذ خمسمئة مليون سنة على الأقل، ومع ذلك لديه بروتين_بينما هو مرتبط القرابة بجلاء ببروتين تجلط الدم_لا يُستعمَل في تجلط الدم. هذا يعني أن السلف المشترك لخيار البحر والفقاريات كان لديه جين اختير لاحقاً في الفقاريات لوظيفة جديدة، تماماً كما يتنبأ التطور. منذ ذلك، أنجز كلٌ من **Doolittle** وعالم الخلية **Ken Miller** تسلسلاً معقولاً وتكيفياً لكامل سلسلة تجلط الدم من أجزاء من بروتينات أقدم (بوادر كيميائية). كل هذه البوادر توجد في اللافقاريات، حيث لها وظائف أخرى لا علاقة لها بتخثر الدم، وقد اختيرت تطورياً من قِبَل الفقاريات في النظام التجلطي العامل. وتطور الأسواط البكتيرية_رغم أنه لم يُفهَم بعد على نحو كامل_أيضاً معلوم أنه يتضمن بروتينات كثيرة اختيرت من متتاليات كيميائي حيوية أخرى.[٣١]

غالباً ما توضع المشاكل العسيرة أمام العلم، رغم أننا لا زلنا لا نفهم كيف نشأ كل نظام كيميائي حيوي معقد، فإننا نتعلم أكثر كل يوم. فمع ذلك، فإن علم التطور الكيميائي حيوي هو حقل لا يزال في طفولته. إن

يكن تاريخ العلم يعلمنا أي شيء، فهو أن ما يهزم جهلنا هو البحث، لا الاستسلام وعزو جهلنا إلى العمل الخارق لخالقٍ. عندما تسمع أحداً يدعي ما هو مخالف لهذا، تذكر فقط كلمات دارون هذه (*من كتابه نشأة الإنسان_المترجم*):

"لكن الجهل يولد الثقة بشكل أكثر مما تفعله المعرفة، إنه من يعرف قليلاً_وليس من يعرف كثيراً_هو من يجزم بمثل ذلك اليقين أن هذه المعضلة أو تلك لن تُحلَّ أبداً بالعلم."

إذن، يتضح أن من حيث المبدأ ليس هناك معضلة حقيقية في بناء التطورِ الأنظمةَ الكيميائي حيوية المعقدة. لكن ماذا عن الوقت؟ هل كان هناك وقت كافٍ للانتخاب الطبيعي ليصنع كلاً من التكيفات المعقدة وكذلك تنوع أشكال الحياة؟ على نحو مؤكد إننا نعلم أنه قد كان هناك وقت كافٍ للكائنات لكي تتطور، يخبرنا سجل المتحجرات وحده بذلك، لكن هل كان الانتخاب الطبيعي قوياً كفايةً ليؤدي إلى تغير كهذا؟

أحد المناهج أو المقاربات هو مقارنة متوسطات التطور في السجل الأحفوري مع ما نراها في التجارب المعملية المستخدمة للانتخاب الاصطناعي، أو مع المعطيات التاريخية عن التغير التطوري الذي حدث عندما استعمر نوعٌ مواطنَ جديدة في الأزمنة المؤرخة. لو كان التطور في السجل الأحفوري أسرع بكثر من التجارب المعملية أو أحداث الاستعمار_كلاهما يتضمنان انتخاباً قوياً جداً_لكنا احتجنا إلى إعادة التفكير فيما إذا كان الانتخاب يمكنه شرح التغيرات في المتحجرات. لكن في الحقيقة النتائج هي النقيض تماماً. لقد أثبت Philip Gingerich من جامعة University of Michigan أن معدلات التغير في حجم وشكل الحيوانات خلال الدراسات المعملية والاستعمارية في الحقيقة أسرع بكثير من معدلات التغير الأحفوري: ما بين ٥٠٠ مرة أسرع (الانتخاب خلال الاستعمارات) إلى حوالي مليون مرة أسرع (تجارب الانتخاب المعملية). وحتى أسرع معدلات التطور في السجل الأحفوري لا تقترب بأي حال من سرعة أبطأ المعدلات عندما يمارس البشر الانتخاب في المعمل. علاوة على ذلك فإن المعدلات المتوسطة للتطور المرئية في الدراسات كبيرة كفاية لتجعل فأراً بحجم الفيل في عشرة آلاف سنة فقط!

إذن، فإن الدرس هو أن الانتخاب كافٍ على نحو كامل لتفسير التغيرات التي نراها في السجل الأحفوري. أحد أسباب طرح عوام الناس هذا السؤال هو أنهم لا يدركون (أو لا يستطيعون إدراك) الفساحات الهائلة من الوقت التي قد كانت لدى الانتخاب الطبيعي ليعمل. إضافة إلى ذلك، لقد تطورنا للتعامل مع أشياء تحدث

على مقياس أعمارنا، ربما حوالي ثلاثين سنة خلال معظم تطورنا. ففساحة عشرة ملايين سنة هي فوق إدراكنـــا البديهي.

ختاماً، هل الانتخاب الطبيعي كافٍ لتفسير عضو معقد حقاً، مثل العـــين؟ عـــين الفقاريـــات "الكـــامرا" (والرخويات كالحبار والأخطبوط) كانت قديماً أثيرة لدى الخلقيين. ملاحِظين نظامها المعقـــد مـــن القزحيـــة والعدسة والشبكية والقرنية وما إلى ذلك، كلٌ منها لابد أن يعمل سوياً لتكـــوين صـــورة. ادعـــى معارضـــو الانتخاب الطبيعي أن العين لا يمكن أن تكون قد تشكلت بخطوات تدريجية. فكيف يمكن أن يكون لـــ"نصف عين" أية فائدة؟

عالج ودحض دارون بذكاء لامع هذه الجدلية في (أصل الأنواع). لقد تفحص الأنواع الموجودة لـــيرى إن كان يمكن للمرء إيجاد عيون عاملة لكن أقل تعقيداً والتي ليست مفيدة فحسب بل يمكن أيضاً أن تُجمَع ســـوياً في سلسلةٍ نظرية تُظهر كيف يمكن أن تكون العين الكامرا قد تطورت. إن كان يمكـــن عمـــل هـــذا_وهـــو يمكن_بالتالي تنهار جدلية أن الانتخاب الطبيعي لا يمكن قط أنه قد أنتج عيناً، لأن عيـــون الأنـــواع البدائيـــة الموجودة مفيدة على نحو جليّ. يمكن أن يمنح كل تحسن في العين فوائد واضحة، لأنه يجعل الفرد أفضل قـــدرة على إيجاد الطعام، وتجنب المفترسين، والإبحار هنا وهناك في بيئته.

تبدأ سلسلة محتملة من هكذا تغيرات من النقاط العينية البسيطة المصنوعة من صبغ حساس للـــضوء، كمـــا يُرى في الديدان المسطحة. ثم انطوى الجلد إلى الداخل، مشكلاً كوباً يحمي النقاط أو البؤر العينية ويمكِّنها من تحديد مكان مصدر الضوء على نحو أفضل، البطلينوس لديه عين كهذه. وفي حيوان البحّار أو النوتي القـــوقعي **nautilus** نرى تضيقاً أكثر لفتحة الكوب لإنتاج صورة محسَّنة، وفي الديدان الحلقية البحريـــة **ragworms** غُطِّي الكوب بغطاء شفاف حامٍ لحماية الفتحة. وفي آذان البحر **abalones** تخثر جزءٌ من الـــسائل في العـــين ليُكوِّن عدسة والتي تساعد على تركيز الضوء، وفي كثير من الأنواع_منها الثدييات_اختيرت عضلات مجاورة لتحريك العدسات وتغيير تركيزها. يتلو تطور الشبكية والعصب البصري وما إلى ذلك بالانتخاب الطبيعـــي. تعطي كل خطوة من هذه "السلاسل" الانتقالية النظرية تكيفاً مزداداً لمالكها، لأنها تمكن العين من جمـــع ضـــوء أكثر أو تكوين صورة أفضل، وكلاهما يدعم البقاء والتكاثر. وكل خطوة في هذه العملية ملائِمة ومعقولة لأنها مرئية في عيون الأنواع الحية المختلفة. في نهاية السلسلة لدينا العين الكامِرا *(أو آلة التـــصوير)*، الـــتي يبـــدو

تطورها التكيفي معقداً على نحو مستحيل. إلا أن تعقيد العين النهائية يمكن أن يُفكك إلى سلاسل من الخطوات التكيفية الصغيرة.

وعلاة على هذا يمكننا عمل ما هو أفضل من مجرد جمع عيـون أنـواع حيـة معـاً في سلـسلة تكيفيـة. يمكننا_بادئين من بادرة بسيطة_تمثل حقيقةً تطور العين ونرى ما إذا كان الانتخاب يمكنه تحويل البادرة إلى عين أكثر تعقيداً في كمية معقولة من الوقت. صنع **Dan-Eric Nilsson and Susanne Pelger** من جامعـة **Lund University** في السويد نموذجاً رياضياً كهذا، بادئين من رقعة من خلايا حساسة للـضوء مدعومـة بطبقة صبغ (شبكية). ثم سمحوا للأنسجة الورقية حول هذه البنية أن تشوه شكل نفسها عـشوائياً، محـددين كمية التغير بـ١% فقط من الحجم أو السُمك في كل خطوة. تقليداً للانتخاب الطبيعي، قبِل النوذجُ فقـط "الطفرات" التي تحسِّن حدة البصر، ورفض التي تحط منها.

خلال وقت قصير على نحو مذهل، أنتج النموذج عيناً معقدة، سائراً خـلال مراحـل مـشابهة لـسلاسل الحيوانات الحقيقية الموصوفة أعلاه. انطوت العين إلى الداخل لتشكل كوباً، وصار الكـوب مغطـى بـسطح شفاف، ثم تحول باطن الكوب إلى هلام ليشكل ليس فقط عدسة، بل عدسة ذات أبعاد تنتج أفـضل صـورة ممكنة.

إذن، بادئاً من نقطة عينية كالتي لدودة مسطحة، أنتج النموذج شيئاً شبيهاً بالعين المعقدة للفقاريات، كـل هذا خلال سلسلة من الخطوات التكيفية الصغيرة، ١٨٢٩ خطوة لنكون محـدِّدين. لكـن **Nilsson and Pelger** استطاعا أيضاً حساب كمية الزمن التي قد استغرقتها هذه العمليـة. لعمـل هـذا، قاما بـبعض الافتراضات عن كمية التباين الوراثي لشكل العين التي وُجدت في المجموعـة الـسكانية الـتي بـدأت تمـر بالانتخاب، وعن مدى قوة تأييد الانتخاب كل خطوة مفيدة في حجم العين. كانت هذه الافتراضات متروية حذرة، مفترضة أن قد كان هناك كميات معقولة لكن ليست كبيرة من التباين الوراثي وأن الانتخـاب كـان ضعيفاً جداً. ورغم ذلك، تطورت العين بسرعة شديدة: استغرقت كل العملية من الرقعة الحـساسة للـضوء البدائية إلى العين الكامِرا أقل من أربعمئة ألف سنة. وبما أن أقدم الحيوانات ذوي العيون يعـودون تاريخيـاً إلى ٥٥٠ مليون سنة، فقد كان هناك_طبقاً لهذا النموذج_وقت كافٍ للعين المعقدة للتطـور أكثـر مـن ألـف وخمسمئة مرة فوق هذا. في الحقيقة، لقد تطورت العيون على نحو مستقل في أربعين مجموعة من الحيوانات على

الأقل. كما دوَّن Nilsson and Pelger باقتضاب في ورقتهم العلمية: *"إنه واضحٌ أن العين لم تكن قط تهديداً حقيقياً لنظرية دارون عن التطور."*

إذن، ما الذي توصلنا له؟ إننا نعرف عملية مشابهة جداً للانتخاب الطبيعي، وهي تدجين الحيوانات والنباتات، قد أخذت التباين الوراثي الموجود في الأنواع البرية وشكلته صانعة تحولات "تطورية" ضخمة. إننا نعلم أن هذه التحولات أسرع بكثير وأكبر من التغير التطوري الحقيقي الذي حدث في الماضي. لقد رأينا أن الانتخاب يعمل في المعمل، وفي الكائنات المجهرية التي تسبب الأمراض، وفي البرية. لا نعلم أي تكيفات لا يمكن على نحو مطلق أن تشكل بالانتخاب الطبيعي، وفي كثير من الحالات يمكننا أن نستدل على نحو معقول على كيفية تكوين الانتخاب لها. وتثبت النماذج الرياضية أن الانتخاب الطبيعي يمكنه إنتاج الصفات المعقدة بسرعة وسهولة. إن النتيجة الواضحة: يمكننا أن نفترض على نحو محترز أن الانتخاب الطبيعي هو سبب كل تطور تكيفي، ولو أنه ليس سبب كل صفة تطورية، حيث أن الانجراف الوراثي يمكن أن يلعب دوراً أيضاً.

صحيح أن المُدجِّنين لم يحوّلوا قطاً إلى كلب، ولم تحوّل الدراسات المعملية البكتريوات (bacterium جمع بكتريا) إلى أميبا (رغم أنه كما قد رأينا قد نشأت أنواع بكتيرية جديدة في المعمل). إلا أنه من السذاجة حسبان أن هذه الأمور مُمَاثَلات للانتخاب الطبيعي. فالتحولات الكبيرة تستغرق فساحات هائلة من الزمن. لنرى حقاً قوة الانتخاب، يجب أن نستقرئ استنباطياً التغيرات الصغيرة التي صنعها الانتخاب في أعمارنا خلال ملايين السنين التي كانت لديه حقاً ليعمل في الطبيعة. لا يمكننا أن نرى الوادي العظيم Grand Canyon يصير أعمق، بل بالأحرى النظر إلى الأمور بعمق عند بدايتها، مع نحت نهر كولورادو بشكل طفيف بالأسفل، نتعلم أهم درس لنظرية التطور: القوى الضعيفة العاملة خلال حقب طويلة من الزمن تصنع تغيراً كبيراً ودرامياً.

الفصل السادس

كيف يقود الجنس التطور

لا يمكن افتراض_على سبيل المثال_أن ذكور طيور الجنة أو الطواويس ينبغي أن تتكبد جهــوداً كهــذه في نصب ونشر وهز ريشهم الجميل أمام الإناث ليس لغَرَضٍ."

تشارلز داروين_كتاب نشأة الإنسان والانتخاب الجنسي

هناك القليل من الحيوانات في الطبيعة أكثر تألقاً من طاووسٍ ذكر في عرض كامل، بذيله القزحي الأخــضر المزرق، مرصعاً بنقاط عينية، منتشراً على شكل مروحة في هالة كاملة وراء جسد أزرق لامع. لكن يبدو الطير كأنه ينتهك كل جوانب نظرية التطور، لأن الصفات التي تجعله جميلاً هي في نفس الوقت تكيف سيء بالنسبة إلى البقاء حياً. هذا الذيل الطويل يسب مشاكل هوائي حركية **aerodynamic** في الطيران، كما يعلم كــل امرئ شاهد من قبل طاووساً يكافح ليصير محمولاً جواً. هذا بالتأكيد يجعل عسيراً على هذه الطيور التسلق إلى مجاثمهم الليلية على الأشجار والهرب من المفترسين، خاصة أثناء مواسم الرياح الموسمية حينما يصير الذيل المبتل عائقاً حَرْفياً. تجذب الألوان المتألقة أيضاً المفترسين، خاصة مقارنةً مع الإناث ذوات الذيل القــصير وموهــات بلون بني مخضر–رمادي مسمر. والكثير من طاقة التمثيل الغذائي تُحَوَّل إلى ذيل الذكر المتألق، الذي يجــب أن ينمو مجدداً بالكامل كل سنة.

لا يبدو فحسب ريش الطاووس عديم الجدوى، بل هو عائق. هل يمكن أن يُحتمَل أنه تكيــفٌ؟ وإن تــرك الأفراد ذوو مثل هذا الريش الملون جينات أكثر_كما سيتوقع المــرء لــو كــان قــد تطــور بالانتخــاب الطبيعي_فلماذا ليست الإناث متألقة على نحو مساوٍ؟ في رسالة إلى عالم الأحياء الأمركي **Asa Gray** في عام ١٨٦٠م، تذمر داروين من هذه المشاكل:

"أتذكر جيداً وقت أن جعلَتني فكرة العين متأزماً تماماً، لكني تغلبت على هذه الدعوى والآن تفاصيل تافهـــة لبنية غالباً ما تجعلني متضايقاً جداً: مظهر الريش في ذيل الطاووس، كلما أحدق به يجعلني أشعر بالغثيان!"

الألغاز مثل ذيل الطاووس تسود.فلنأخذ كمثال الإلك **elk** الإيرلندي المنقرض _حقيقةً هي تسمية خاطئة، لأنه ليس إيرلندياً على وجه الحصر ولا إلكاً أو تيتلاً، إنه في الحقيقة أكبر ظبي وُصِف على الإطلاق، وعاش في أنحاء أوراسيا). كان ذكور هذا النوع_والذي انقرض منذ حوالي عشرة آلاف سنة فقط_المالكين الفخـــورين لزوجٍ ضخم من القرون، ممتدَيْنِ لأكثر من اثني عشر قدماً من أسلة إلى أخرى! يزنان سوياً حوالي تسعين رطلاً (حوالي ٤١ كجم)، متموضعين على جمجمة ضئيلة تزن خمسة أرطال (حوالي٢,٢٦كجم). فكـــر في الـــضغط الذي سيُتسبَّب. هذا كالمشي هنا وهناك طوال اليوم حاملاً مراهِقاً فوق رأسك. و_كذيل الطـــاووس_ كـــان هذان القرنان ينموان بالكامل من البداية كل سنة.

بالإضافة إلى الصفات المبهرجة، فهناك سلوكيات غريبة تُرى فقط في نوعٍ جنسيّ واحد. فـــذكور ضـــفادع **tungara** في أمركا الوسطى تستعمل أكياسها الصوتية القابلة للانتفاخ لغناء لحن ليلي طويل كل ليلة. تجذب الأغنيات انتباه الإناث، لكن أيضاً انتباه الخفافيش والحشرات ماصة الدم، التي تفترس الذكور المغـــنين أكثـــر بكثير غالباً من الإناث غير المنادية. وفي أستراليا، يبني ذكور طيور الكوخ **bowerbirds** "أكواخـــاً" كـــبيرة وعجيبة من العصي والتي_تبعاً للفصيلة_تُشكَّل كـــالجحر أو الفطـــر أو الخيمـــة. إنهـــا مزينـــة بالتزيينـــات (*الديكورات*): زهور وقواقع وحبات توت وبذور قرنات البسلة، و_حين يكون البـــشر في الجـــوار_أغطيـــة الزجاجات وقطع من الزجاج وورق الألومنيوم. تستغرق هذه الأكواخ ساعات، وأحياناً أياماً، لبنائها (بعضها طوله خمسة أقدام والآخر عشرة أقدام)، ورغم ذلك فهي لا تُستخدَم كأعشاش. فلماذا يمضي الذكور في كـــل هذا العناء؟ (صور برقم٢٣أ في ملحق الصور)

لا نحتاج أن نخمن فحسب_كما فعل دارون_أن هذه الصفات بالفعل تقلل فرص البقاء. ففـــي الـــسنوات المعاصرة أثبت العلماء في الحقيقة كم يمكن أن تكون مكلفة. إن ذكر طائر الأرملة **widowbird** أو الهويـــد أحمر الياقة هو أسود لامع، حاملاً طوقاً ورقعة رأسية قرمزية غامقة، ومحملاً ريشاً ذيلياً طويلاً على نحو هائـــل: تقريباً طول جسده مرتين. أي شخص رائياً الذكر في طيرانه_مكافحاً خـــلال الهـــواء مـــع ذيلـــه المتخـــبط وراءه_يجب أن يتساءل ما مغزى ذلك الذيل؟ أسَـــرَ **Sarah Pryke and Steffan Andersson** مـــن جامعة **Goteborg University** السويدية مجموعةً من الذكور في جمهورية جنوب إفريقيا وقصا من ذيولهم،

مزيلين حوالي بوصة واحدة في مجموعة وأربع بوصات في أخرى. مستردين الذكور خلال موسم التكاثر وجدوا أن الذكور ذوي الذول الطويلة فقدوا على نحو ذي مغزى وزناً أكثر من الذكور قصيري الذيل. على نحو جلي، هذه الذيول المديدة عائق جدير بالاعتبار. (صورة ٢٣ب لذيل الطائر المبالغ في طوله)

وكذلك الألوان الوضيئة، كما بُرهِن في تجربة ذكية على السحلية ذات الطوق. في هذه السحلية ذات طول القدم التي تعيش في غربي الولايات المتحدة، يبدو الجنسان مختلفين جداً: تتباهى الذكور بلون فيروزي (*أزرق مخضر*) ورأس أصفر وطوق رقبي أسود ونقاط سوداء وبيضاء، بينما الإناث الأقل بهرجة ذوات لون بني ضارب إلى الرمادي ومنقطة قليلاً فقط. لاختبار فرضية أن لون الذكور المتألق يجذب مفترسين أكثر، نشر **Jerry Husak** وفريقه من جامعة **Oklahoma State University** في الصحراء نماذج طينية طُلِيَت لتبدو مثل سحالي ذكور وإناث. سيحتفظ الطين اللين بعلامات العض لأي مفترسين يخطؤون ظانين النماذج حيوانات حقيقية. بعد أسبوع فقط، ظهر على ٣٧ من الأربعين نموذج ذكر مبهرج علامات عض، في المعظم من الثعابين والطيور، بينما لم تُهاجَم ولا واحدة من نماذج الإناث الرمادية المسمرة.

تُدعى الصفات التي تختلف بين الذكور والإناث من نوعٍ، كالذيول والألوان بازدواجية أو ثنائية الشكل الجنسية (يُظهر الشكل التوضيحي ٢٣ د بعض الأمثلة). ولقد وجد علماء الأحياء مراراً وتكراراً أن الصفات مزدوجة الشكل جنسياً في الذكور تبدو منتهكة للنظرية التطورية، لأنها تضيع الوقت والطاقة وتقلل فرص البقاء. إن ذكور أسماك الجابي **guppies** الغنية بالألوان تُفترَس أكثر غالباً من الإناث الأبسط (صورة ٢٣ج في ملحق الصور). إن ذكر طائر أبو بُلَيْق أو سنبلة القمح الأسود **wheatear**_وهو طائر حوضمتوسطي_يبني بجهد أكواماً كبيرة من الحجارة في أماكن عديدة، مكوماً حجارة مقدار خمسين ضعف وزنه خلال مدة أسبوعين. أما ذكر الطيهوج الحكيم الغربي أمركي **sage grouse** فيؤدي استعراضات مجهدة، متبختراً فوق المروج، مرفرفاً بجناحيه، وعاملاً أصواتاً مرتفعة من كيسيه الصوتيين الكبيرين.[٣٢] يمكن أن تستهلك كل هذه الممارسات كمية هائلة من الطاقة بالنسبة إلى طائر: يحرق يوم استعراض واحد سعرات حرارية تساوي حبة موزة. فإن يكن الانتخاب الطبيعي مسؤولاً عن هذه الصفات _ويجب أن يكون، مسلمين بتعقيدها_ فإننا نحتاج إلى تفسير كيفية هذا.

الحلول

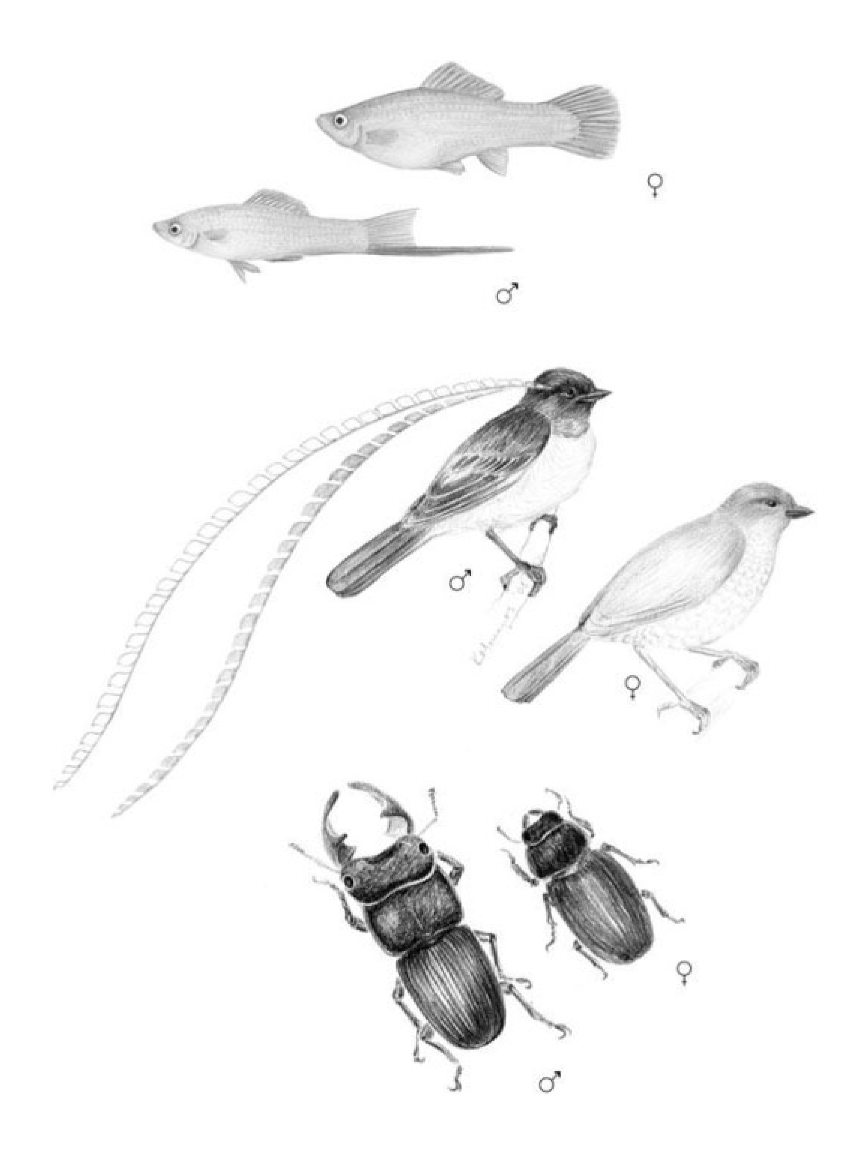
قبل دارون، كانت ازدواجية الشكل الجنسية لغزاً. حينذاك لم يستطع الخلقيون_كما اليوم_تفسير لماذا ينبغي أن يُنتج خالقٌ حارق للطبيعة صفات في أحد الجنسين_أحدهما فقط_تضر ببقائه حياً. كونه المفسر العظيم لتنوع الطبيعة، كان دارون شغوفاً بالطبيعة لفهم كيفية تطور هذه الصفات عديمة الجدوى ظاهرياً. لاحظ أخيراً مفتاح تفسيرها: إن اختلفت الصفات بين ذكور وإناثِ نوعٍ_كالسلوكيات المجتهدة أو البنيوات أو الزينات_فهي دوماً تقريباً مقصورة على الذكور.

وصولاً إلى هذا فلعلك قد خمنت كيف تطورت هذه الصفات المكلفة. تذكر أن عُمْلة الانتخاب ليست البقاء في الواقع، بل التكاثر الناجح: امتلاك ذيل مزخرف أو غناء مغرٍ لا يساعدك على البقاء، لكنه قد يزيد فرصك في الحصول على نسل. وتلك هي كيفية نشوء هذه الصفات والسلوكيات المبهرجة. كان دارون أول من أدرك هذه المقايضة (التخلي عن فائدة لأجل أخرى أهم)، وصاغ اسم نوع الانتخاب المسؤول عن السمات ثنائية الشكل جنسياً: الانتخاب الجنسي. الانتخاب الجنسي هو ببساطة انتخاب يزيد فرصة الفرد في الحصول على شريك جنسي. إنه حقاً مجموعة جزئية من الانتخاب الطبيعي، إلا أنه يستحق فصلاً خاصاً به بسبب المسلك الفريد الذي يعمل به والتكيفات التي تبدو ظاهرياً غير تكيفية التي ينتجها.

تتطور الصفات المنتخبة جنسياً إن كانت ترجح فرص بقاء الفرد المقللة بزيادة في تكاثره. ربما لا يهرب ذكور طائر الأرملة ذوو الذيول الأطول من المفترسين على نحو حسن جداً، لكن ستفضل الإناثُ الذكورَ الأطولَ ذيولاً كعشراء. ربما يكافح الظبي ذو القرنين الأكبر للبقاء حياً تحت عبء أيضي، لكن لعلهم يفوزون بصراعات المبارزة على نحو أكثر تكراراً، وبذا يُنجَب لهم نسل أكثر.

للانتخاب الجنسي شكلان. أحدهما _ضُرب له المثال بالقرون الضخمة للظبي الأوروآسيوي الضخم المنقرض_ هو تنافس مباشر بين الذكور للوصول إلى الإناث. والآخر _الذي أنتج الذيل الطويل لطائر الأرملة والمزخرف للطاووس_ هو اختيار الأنثى بين العشراء المحتملين. إن الصراع بين الذكور (أو حسب مصطلحات دارون المشاكسة أغلب الأحيان: قانون القتال) هو الأسهل فهماً. كما كتب دارون: *"إنه مؤكد أن في كل الحيوانات تقريباً هناك صراع بين الذكور لأجل الحصول على الأنثى).* عندما يتصارع ذكور نوع مباشرة_سواء كان ذلك بالقرون المتضاربة للأيائل، أو القرون الطاعنة للخنافس الأيلية، أو الرؤوس المتناطحة

للذباب قصبي الأعين، أو المعارك الدموية للفقمات الفيلية_فإنهم ينجحون في الوصـــول إلى الإنـــاث بإبعـــاد المنافسين. سيؤيد الانتخاب أي صفة تؤازر المنتصرين طالما أن الفرصة المزدادة للحصول على عشيرات أكـــبر من توازناتِ أيِّ بقاءٍ مقلل. يُنتِج هذا النوع من الانتخاب تسلحاتٍ: أسلحة أقوى، أو أحجام أجسادٍ أكـــبر، أو أي شيء يساعد الذكر على الفوز في الصراعات الجسدية.



الشكل التوضيحي ٢٣: أمثلة على ثنائية الشكل الجنسية، تُظهر اختلافات ملحوظة في مظهري الـــذكر والأنثـــى. في الأعلـــى السمك سيفي الذيل **swordtail (Xiphophorus helleri)**، في الوسط طـــائر الجنـــة **Bird of Paradise (Pteridophora alberti)** الذي تمتلك ذكوره حلياً رأسية متقنة زرقاء سماوية على جانب وبنية على الآخر، بالأســـفل الحنظب أو الخنفساء الأيلية **stag beetle (Aegus formosae)**.

بالمقابل، فإن صفات كالألوان المتألقة والتزيينات والأكواخ واستعراضات التزاوج قد شُكلت بالنوع الثاني من الانتخاب الجنسي، وهو اختيار العشيرة. يبدو أنه لعيون الإناث ليس كل الذكور متماثلين فهن يجدن بعض الصفات والسلوكيات الذكورية أكثر جاذبية من الأخرى، لذا فإن الجينات التي تُنتج تلك الصفات تتراكم في المجموعات السكانية. هناك أيضاً عنصر منافسة بين الذكور في هذا السيناريو، لكنه غير مباشر: الذكور الفائزة لديها الأصوات الأعلى، الألوان الأكثر تألقاً، روائح الفرمونات الأكثر إغراء، الاستعراضات الأكثر جاذبية جنسية، وما إلى ذلك. لكن بالمقارنة مع تنافس الذكور مع الذكور، فهنا الفائز تقرره الإناث.

في كلا نوعي الانتخاب الجنسي، يتنافس الذكور لأجل الإناث. لكن لماذا ليس العكس؟ سنتعلم باختصار أن هذا كله يقوم على الاختلاف في الحجم بين خليتين صغيرتين جداً: الحيوان المنوي والبييضة.

هل صحيح حقاً_رغم هذا_أن الذكور الذين يفوزون بالصراعات، أو مزينين على نحو أعلى، أو يؤدون أفضل الاستعراضات يحصلون على عشيرات أكثر؟ إن لم يكونوا كذلك، تنهار كل نظرية الانتخاب الجنسي.

في الحقيقة، فإن الأدلة تدعم بقوة وثبات النظرية. فلنبدأ مع الصراعات. تُظهر الفقمة الفيلية الشمالية للساحل الهادئي لأمركا الشمالية ثنائية شكل جنسي فائقة بالنسبة إلى الحجم. يصل طول الأنثى إلى حوالي عشرة أقدام وتزن حوالي ١٥٠٠ رطلاً (٦٨٠كجم)، بينما طول الذكور ضعف الإناث تقريباً ويمكن أن يصل وزن الواحد منهم إلى ستة آلاف رطل. أكبر من مطارق **Volkswagen** وأثقل منها بمرتين. هم أيضاً متعددو العشيرات: بمعنى أن الذكور تتزاوج مع أكثر من أنثى خلال موسم التكاثر. حوالي ثلث الذكور يحرسون حريماً من الإناث اللاتي يرتبطون بهن، بما يصل إلى مئة عشيرة لكل ذكر واحد! بينما يُحكم على باقي الذكور بالعزوبية. من يفوز ومن يخسر سحب (يانصيب) التزاوج تقرره الصراعات الشرسة بين الذكور أمام الإناث المرادفة لغنيمة الفائز على الشاطئ. تضحى هذه الصراعات دموية، مع ضرب الفحول أجسادهم الضخمة ببعضها، مصيبين بجروح رقبية عميقة بأسنانهم، ويؤسسون تسلسل أو هرم هيمنة يكون فيه الذكور الأكبر حجماً على القمة.عندما تصل الإناث، يضمهن الذكور المهيمنون إلى حريمهم ويبعدون المنافسين المقتربين. ففي أي سنة، تُنجَب معظم الجراء لقليل من الذكور الأكبر فقط.

هذا صراع ذكوري، صرف وبسيط، والجائزة هي التكاثر. إنه يسهُل _مسلمين بهذا النظام التزاوجي_رؤية كيفية تأييد الانتخاب الجنسي لتطور الذكور الكبيرة العنيفة: تترك الذكور الأكبر جيناتها للجيل التالي،

والأصغر لا تفعل. أما الإناث_اللاتي لا يحتجن إلى القتال_فهن قريبات افتراضاً إلى الوزن المثالي للتكاثر. ربما كانت ثنائية الصفة الجنسية لحجم الجسد في الكثير من الأنواع_بما فيها نوعنا_بسبب الصراع بين الذكور لأجل الوصول إلى الإناث. (صورة ٢٣هـ في ملحق الصور لصراع فقمتين فيليتين ذكرين)

غالباً ما تتصارع الطيور الذكور على مِلْكِيّات حقيقية. ففي كثير من الأنواع، يجذب الذكورُ الإناثَ فقط بالسيطرة على رقعة من الأرض، ذات خضرة جيدة، مناسبة للتعشيش. حالما يحصل الذكر على رقعته، يدافع عنها باستعراضات بصرية وصوتية، بالإضافة إلى الهجومات المباشرة على الذكور المتعدية. الكثير من أغاني الطيور التي تسعد آذاننا هي في الحقيقة تهديدات، تحذّر الذكور الآخرين بالابتعاد.

يحمي الشحرور الأسود أحمر الجناح مناطق في مواطن مفتوحة، عادة المستنقعات عذبة المياه. كالفقمة الفيلية، هذا النوع متعدد العشيرات، حيث بعض الذكور لهم بحدود ١٥ أنثى معششة في منطقة الواحد منهم. الكثير من الذكور الآخرين، ويدعون "الهائمين" يمضون غير مزاوِجين. يحاول الهائمون باستمرار اجتياح المناطق المؤسَّسة لاختلاس تسافدات مع الإناث، مما يجعل الذكر المقيم مشغولاً بإبعادهم. يمكن أن يُقضى ما يصل إلى ربع وقت الذكر بيقظة في حماية أرضه. بالإضافة إلى الاستطلاعات أو الدوريات المباشرة، يدافع الذكر عن منطقته بغناء أغانٍ معقدة وعمل استعراضات مهددة بزينةٍ رمزية، وهي كِتفية حمراء متألقة على الكاهل. (الإناث بنية، أحياناً ذوات كتفية صغيرة أثرية). الكتفيات ليست موجودة لجذب الإناث، بل بالأحرى فهي تستخدم لتهديد الذكور الآخرين في الصراع لأجل المناطق. حينما طمست تجاربٌ كتفيات الذكور بطلائها بالأسود، خسر ٧٠% من الذكور مناطقهم، مقارنة مع ١٠% من الذكور المسيطرين الذين طُلوا بمذيب صافٍ في التجربة الحاكمة. من المحتمل أن الكتفيات تُبعِد الدخلاء بالإشارة إلى أن المنطقة مشغولة. الغناء أيضاً هام. فالذكور الصامتة، المحرومة مؤقتاً من قدرتها على الغناء تخسر أيضاً مناطقها.

إذن، ففي طيور الشحرور يساعد الغناء والريش الذكرَ على الحصول على عشيرات أكثر. في الدراسات الموصوفة أعلاه، والكثير غيرها كذلك، قد أثبتت الأبحاث أن الانتخاب الجنسي يعمل لأن الذكور ذوي الصفات الأكثر اتقاناً يحصلون على حصيلة إجمالية أكبر من النسل. تبدو هذه النتيجة بسيطة لكنها تطلبت مئات الساعات من العمل الحقلي المضجر من قِبَل علماء الأحياء الفضوليين. ربما تبدو تسلسلات الحمض النووي في معمل وضيء أكثر فتنةً بكثير، لكن السبيل الوحيد ليخبرنا عالمٌ بكيفية الانتخاب في الطبيعة هو الاتساخ في المجال الحقلي. (صورة ٢٣ز في الملحق للشحرور الأسود ذي الكتفية الحمراء)

لا ينتهي الانتخاب الجنسي بالفعل الجنسي نفسه، فيمكن أن تستمر الذكور في الصراع حتى بعد التزاوج. ففي كثير من الأنواع، تتزاوج الأنثى مع أكثر من ذكر خلال فترة قصيرة من الوقت. بعد أن يُخصّب ذكرٌ أنثى، كيف يستطيع منعَ الذكور الآخرين من تلقيحها وسلب أبوته. لقد أنتج هذا الصراع بعد التزاوجي بعضاً من أكثر السمات فتنةً المبنية بالانتخاب الطبيعي. أحياناً يتعلق الذكر بعد التزاوج، حارساً أنثاه من المتقدمين الآخرين لها. عندما ترى زوجاً من اليعاسيب ملتصقين ببعضهما، فمن الأرجح أن الذكر ببساطة يحرس الأنثى بعد تلقيحها، معيقاً بدنياً وصول ذكور آخرين. هناك نوع من الدودة الألفية *(أم أربعة وأربعين)* في أمركا الوسطى تمضي في الحراسة التزاوجية إلى أقصاها: فبعد تلقيح الأنثى، يركب عليها الذكر ببساطة عدة أيام، مانعاً أي منافس من الحصول على بيضها. يمكن أن تقوم المواد الكيميائية كذلك بهذا العمل. يحتوي مني بعض الثعابين والقوارض على مواد تسد على نحو مؤقت جهاز التناسل الأنثوي بعد التزاوج، مانعة الذكور السابِرين الآخرين. في مجموعة ذباب الفاكهة التي أعمل عليها، يحقن الذكر الأنثى بمضاد للشهوة، مادة كيميائية في منيه تجعلها غير راغبة في التزاوج مجدداً لعدة أيام.

يستخدم الذكور العديد من الأسلحة لحراسة أبوتهم. لكنهم يمكن أن يكونوا مخادعين بدرجة أكبر، فالكثيرون لديهم أسلحة هجومية للتخلص من مني الذكر المزاوِج قبله وإحلال الخاص به محله. إحدى أذكى الأدوات هي "القضيب المغرفة" في بعض اليعاسيب. فعندما يتزاوج ذكر مع أنثى متزاوجة من قبل، يستخدم منتوآت متجهة إلى الخلف على قضيبه لغرف وإخراج مني الذكر المزاوج الأبكر. فقط بعد أن تصير منزوعة المني ينقل منيه الخاص. في الدروسوفيلا وجد معملي أن مني الذكر يحتوي على مواد تعطل المني المخزَّن للذكر الذي تزاوج أسبق.

ماذا عن الشكل الثاني للانتخاب الجنسي: اختيار العشيرة؟ فمقارنة مع صراع الذكور، نعلم أقل بكثير عن كيفية عمل هذه العملية. هذا لأن دلالة الألوان والريش والاستعراض أقل وضوحاً بكثير مما للقرون والأسلحة الأخرى.

لفهم كيفية تطور اختيار العشيرة، فلنبدأ مع ذلك الذيل المزعج للطاووس الذي سبَّب لدارون مثل هذا القلق. معظم العمل على الاختيار العشيري في الطاووس قيم به من قِبل **Marion Petrie** وزملائها، الذين درسوا مجموعة سكانية حرة التجول في حديقة **Whipsnade Park, Bedfordshire, England** ببريطانيا. في هذا النوع تحتشد الذكور في مُسْتَعْرَضات، أي مناطق حيث يستعرضون كلهم سوياً، مانحين

الإناث فرصة للمفاضلة بينهم مباشرة. ليس كل الذكور يشتركون في المُستعرَض، بل فقط الذين يستطيعون الفوز بأنثى فعلياً. أظهرت إحدى الدراسات الملاحظية لعشر ذكور مستعرِضة علاقة متبادلة بين عدد النقاط العينية في ريش ذيل *(الطاووس)* الذكر وعدد التزاوجات التي حققها، أكثر الذكور تزيناً باتقان ذو المئة وستين نقطة عينية كسب ٣٦% من مُجمَل التسافدات.

هذا يوحي بأن الذيول الأكثر تزيناً باتقان تُفضَّل من الإناث، لكنه لا يثبته. ممكن أن جانباً آخر ما في تودد الذكر_مثلاً_أو نشاط استعراضه، هو حقاً ما تختاره الإناث، وهذا فقط يصادف أن يكون مرتبطاً بعلاقة تبادلية مع الريش. لمنع هذا، يمكن للمرء القيام بتلاعبات تجريبية: تغيير عدد النقاط العينية على ذيل طاووس ورؤية ما إذا يؤثر هذا على قدرته على الحصول على العشيرات. الجدير بالذكر، أن مثل هذه التجربة قد اقترحها عام ١٨٦٩م منافس دارون **Alfred Russel Wallace**. فرغم أن الرجلين اتفقا على أشياء كثيرها، أكثرها ملاحظةً هو الانتخاب الطبيعي، فقد اختلفا حينما تطرق الأمر إلى الانتخاب الجنسي: لم تشكِّل فكرة الصراع الذكوري مشكلة لكلا الرجلين، لكن ألفرد راسل والِس لم يوافق على إمكانية اختيار الأنثى. ومع ذلك، فقد أبقى عقلاً منفتحاً لهذه المسألة، وكان سابقاً لعصره في اقتراحه لكيفية اختبار هذا:

"الجزء الذي يتبقى لُيلعَب من قِبَل التزين وحده سيكون صغيراً جداً، حتى لو أُثبِتَ_وهو ما لم يحدث_أن تفوقاً تافهاً في التزين وحده يحدد اختيار عشيرة.

هذه_رغم ذلك_مسألة تسمح بالتجربة، وسأقترح أنه ينبغي أن يجرِّب سواء أحد جمعيات علم الحيوان أو أي شخص لديه الأدوات تجاربَ كهذه. دستة طيور ذكور من نفس العمر، طيور متوطنة، كالدُرجة الشائعة، أو الدرجة الذهبية_كمثال_ينبغي أن تُختار، كلها معلوم قبول إناث الطير لها. وينبغي أن يُقص بعض ريش ذيول نصف هؤلاء، أو يُقصَّر ريش الرقبة قليلاً، هذا كافٍ تماماً لإنتاج مثل هذا الاختلاف كما يحدث بالتباين في الطبيعة، لكن ليس إلى الحد الذي يشوه شكل الطائر، ثم يُلاحَظ ما إذا كانت الإناث يبدين أية ملاحظة للنقص، وما إذا كن على نحو متماثل يرفضن الذكور الأقل تزيناً. مثل هذه التجارب_معمولةً بعناية ومُنوَّعة بحكمة لمواسم قليلة_ستعطي أكثر المعلومات قيمةً عن هذا السؤال المهم."

في الحقيقة، لم يُقَم بمثل هذه التجارب حتى مرور أكثر من قرن لاحق. لكن النتائج تُحصَل عليها اليوم، والاختيار الأنثوي شائع. ففي إحدى التجارب، قص **Marion Petrie and Tim Halliday** عشرين نقطة عينية من ذيل كل ذكر في مجموعة من الطواويس، ومقارنة نجاحهم التزاوجي مع مجموعة أخرى مأسورة

لكن غير مقصوص منها في تجربة ضابطة أو حاكمة. على نحو مؤكد كفايةً، في موسم التزاوج التالي، كلٌ من الذكور منزوعي بعض التزين كانوا أقل تزاوجات بمتوسط ٢,٥ عن باقي ذكور التجربة الحاكمة.

توحي هذه التجربة بلا ريب أن الإناث تفضل الذكور الذين لم تُقلل زيناهم. لكن سنريد كذلك على نحو مثالي أن نعمل هذه التجربة في الاتجاه المعاكس: جعل الذيول أكثر تزيناً ورؤية ما إذا كان ذلك يعزز نجاح التزاوج. بينما هذا صعب في الطواويس، فقد قيم به في طائر الأرملة طويل الذيل مستوطن إفريقيا من قِبَل عالم الأحياء السويدي **Malte Andersson**. في هذا النوع ثنائي المظهر جنسياً، للذكور ذيول طولها حوالي عشرين بوصة، والإناث حوالي ثلاث بوصات. بإزالة أجزاء من ذيول الذكور الطويلة وتغرية بعض هذه الأجزاء المزالة بذيول طبيعية، صنع **Andersson** ذكوراً ذوي ذيول قصيرة على نحو شاذ (ست بوصات)، وآخرين ذوي ذيول طبيعية "تحكمية" (قُطِع جزء منها ثم لُصِق مجدداً)، وآخرين ذوي ذيول طويلة (ثلاثون بوصة). كما تُوُقِع، أحرز الذكور قصيرو الذيل إناثاً معششة أقل في منطقة كلٍ منهم مقارنةً مع الذكور الطبيعيين. لكن الذكور ذوي الذيول الطويلة على نحو اصطناعي نالوا زيادة هائلة في التزاوجات، جاذبين ما يصل إلى ضعف ما فعله الذكور العاديون تقريباً.

هذا يثير سؤالاً: إن كان الذكور ذوو الذيول بطول ثلاثين بوصة اصطناعياً فازوا بإناث أكثر، لماذا لم تطور طيور الأرملة أو الهويد ذيولاً بذلك الطول في المقام الأول؟ إننا لا نعلم الإجابة، إلا أن من المرجح أن امتلاك ذيول بذلك الطول سيقلل طول عمر الذكر أكثر مما سيزيد قدرته على الحصول على الإناث. ربما يكون طول العشرين بوصة هو الذي تكون القدرة التكاثرية عنده_في المتوسط خلال العمر_قرب حدها الأقصى.

وما الذي يكسبه أولئك الطياهيج الأمركية من تصرفاتهم الغريبة الشاقة على المرج؟ مجدداً، فإن الإجابة هي الحصول على العشيرات. فكالطواويس، تعمل ذكور الطياهيج الأمركية مُسْتَعْرَضات (أي أماكن تَجَمُّع للاستعراض) حيث يستعرضون على نحو جماعي لمعاينة الإناث. لقد أُثبِت أن أكثر الذكور نشاطاً فقط_الذين "يتبختر" الواحد منهم حوالي ثمانمئة مرة في اليوم_يفوزون بالإناث، بنما تمضي الأغلبية العظمى من الذكور غير متزاوجين.

يفسر الانتخاب الجنسي أيضاً المفاخر المعمارية لطيور الأكواخ. أثبتت العديد من الدراسات أن أنماط زينات الكوخ_والتي تختلف في كل نوع _ترتبط بعلاقة متبادلة مع النجاح التكاثري. فنوع طائر الكوخ الأِلق

Satin _على سبيل المثال_يحصل على عشيرات أكثر إن وضع الذكر منهم ريشاً أزرق أكثر في كوخـه. وفي نوع طائر الكوخ المنقط يتحقق أكثر النجاح بعرض ثمار Solanum خضراء (نوع ذو صلة بالطماطم البرية). أزال Joah Madden من جامعة Cambridge University الزينات من أكواخ طيور الكوخ المنقطـة، ثم قدم للذكور خيارات من ستين شيئاً. على نحو مؤكد تماماً، فقد أعادوا تزيين أكواخهم على نحـو رئيسـي بثمار الـ Solanum، واضعين إياها في أكثر المواضع وضوحاً على الكوخ.

لقد ركزت على الطيور لأن علماء الأحياء وجدوا أن الأسهل دراسة اختيار العشيرة في تلـك المجموعـة، فالطيور تنشط خلال النهار وتسهل ملاحظتها. لكن هناك أمثلة كثيرة لاختيار العشيرة أو الاختيار الأنثوي في حيوانات أخرى. فإناث ضفادع الـ tungara تفضل التزاوج مع الذكور الذين يصيحون بأكثر النـداآت تعقيداً. تحب إناث أسماك الـ guppies الذكور ذوي الذيول الأطول والنقاط الملونة الأكثر. تفـضل إنـاث العناكب والأسماك غالباً الذكور الأكبر. في كتابه الشامل (الانتخاب الجنسي) وصف Malte Andersson ٢٣٢ تجربة في ١٨٦ نوعاً تثبت أن تبايناً ضخماً للصفات الذكورية يرتبط بعلاقـة تبادليـة مـع النجـاح التزاوجي، وقد تضمنت الأغلبية العظمى من هذه الاختبارات الاختيار الأنثوي. ليس هناك شك ببـساطة أن الاختيار الأنثوي قد قاد تطور الكثير من ثنائيات الشكل الجنسية. لقد كان دارون محقاً بالنهاية.

حتى الآن قد أهملنا سؤالين هامين: لماذا تحوز الإناث عمل الاختيار بينما يجب على الـذكور أن يتـوددوا أو يتصارعوا لأجلهن؟ ولماذا تختار الإناث على العموم؟ لإجابة هذين السؤالين يجب أولاً أن نفهم لمـاذا تُـضايَق الكائنات بامتلاك الجنس.

لماذا الجنس؟

لماذا نشأ الجنس هو في الحقيقة أحد أعظم ألغاز التطور. إن أي فرد يتكاثر جنسياً_أي يصنع بيضاً أو منيـاً يحتوي فقط على نصف جيناته_ يضحي بـ ٥٠% من إسهامه الجيني للجيل التالي، مقارنة مع فرد يتكـاثر لا جنسياً. فلننظر إلى المسألة بهذه الطريقة: فلنفترض أن قد كان هناك جين في البشر يؤدي شـكله الطبيعـي إلى التكاثر الجنسي لكن شكله المطفر يُمكِّن الأنثى من التكاثر عذرياً، بإنتاج بييضات تتطور دون تلقيح. (بعـض الحيوانات حقاً تتكاثر بهذه الطريقة، لقد شوهدت في الأفيدات aphids (حشرات ماصة لعـصارة النبـات) والأسماك والسحالي). أول امرأة مطفرة سيكون لها بنات فقط، اللاتي سينجبن بدورهن هن أنفسهن المزيد مـن

البنات. على النقيض، فإن النساء غير المطفرة المتكاثرات جنسياً سيحتجن إلى التزاوج مع ذكـور، منتجـاتٍ شطراً أبناء وشطراً بنات. ستبدأ نسبة النساء في المجموعة السكانية في الارتفاع سريعاً فوق الـ ٥٠% حيث أن الحوض الجيني للإناث قد صار بتزايد ممتلئاً بالمُطفَّرات التي تنتج بناتٍ فقط. في النهاية، ستُنتَج كل الإنـاث بالأمهات المتكاثرة لا جنسياً. سيصير الذكور زائدين عن الحاجة ويختفون: لا إنـاث مطفَّـرة سـيحتجن إلى التزواج معهم، وستنجب كل الإناث فقط المزيد من الإناث. سيزيح جينُ التكاثر اللاجنسي جـينَ التكـاثر الجنسي. يمكنك أن ترى نظرياً أن في كل جيلٍ سينتج الجين اللاجنسي نسخاً من نفسه ضعفين أكثر مما فعـل الجين الجنسي. يدعو علماء الأحياء هذه الحالة بـ "التكلفة المضاعَفة للجنس". في الحـد الأدنى فإنـه تحـت الانتخاب الطبيعي ستنتشر جينات التكاثر العذري سريعاً، مزيلةً التكاثر الجنسي.

لكن هذا لم يحدث. فالغالبية العظمى من أنواع كوكب الأرض تتكاثر جنسياً، وذلك الشكل مـن التكـاثر موجود منذ أكثر من مليار سنة.[٣٣] لماذا لم تؤدِّ تكلفة الجنس إلى إحلال التكاثر العذري محله؟ على نحو جلي، لابد أن للجنس أفضلية تطورية ما ترجُح تكلفتَه. رغم أننا لم نكتشف ما تلك الأفضلية بالضبط فإنـه لـيس هناك افتقار للنظريات. ربما يوجد المفتاح تماماً في الخلط العشوائي للجينات الـذي يحـدث خـلال التكـاثر الجنسي، الذي يُنتج ائتلافات جديدة من الجينات في النسل. بجمع الكثير من الجينات المُفضَّلة في فـرد واحـد ربما يعزِّز الجنس تطوراً أسرع للتعامل مع جوانب البيئة المتغيرة باستمرار. كالطفيليات التي تتطور بلا هـوادة لتقاوم دفاعاتنا المطوَّرة. أو ربما يمكن أن يطهر الجنس من نوع من الجينات السيئة بإعادة جمعها معـاً في فـرد مضرور (أي غير ذي أفضلية) بشدة، كبش فداء جيني. إلا أن علماء الأحياء لا زالوا يتساءلون ما إذا تكـون هناك أي أفضلية معروفة ترجُح التكلفةَ المضاعَفة للجنس.

حينما نشأ الجنس_كيفما حدث ذلك_فإن الانتخاب الجنسي يتبعه بالحتمية، إن اسـتطعنا تفـسير شـيئين آخرين بعد: أولاً، لماذا هناك جنسان (بدلاً من ثلاثة أو أكثر) يجب أن يتزاوجا ويوحدا جيناهما لإنتاج نـسل؟ وثانياً، لماذا للجنسين أمشاج مختلفة العَدد والحجم (ينتج الذكر كثيراً من الحيوانات المنوية الصغيرة، والإنـاث ببيضات أقل لكن أكبر)؟ إن سؤال عدد الأجناس هو مسألة نظرية معضلة لا يجب أن تعيقنا، باستثناء ملاحظة أن النظرية تُظهِر أن نظام الجنسين سيحل تطورياً محل أنظمة تزاوجية تتضمن ثلاثة أجناس أو أكثر، إن نظـام الجنسين هو أقوى وأرسخ إستيراتيجية.

أما نظرية سبب كون الجنسين لهما عدد وحجم مختلف للأمشاج فمعضلة على نحو مساوٍ. لقد تطورت هذه الحالة على نحوٍ افتراضيّ من الأنواع المبكرة المتكاثرة جنسياً التي كان الجنسان فيها لهما أمشاج ذوات أحجام متساوية. لقد أثبت الباحثون النظريون أن الانتخاب الطبيعي سيؤيد تغير هذه الحالة السلفية إلى حالة فيها أحد الجنسين (الذي ندعوه ذكراً) يصنع الكثير من الأمشاج الصغيرة، حيوانات منوية أو حبوب لقــاح، والآخــر (الأنثى) تصنع أمشاجاً أقل لكن أكبر، تُعرَف بالبييضات.

إن هذا اللاتناظر في حجم الأمشاج هو الذي وضع مرحلة جميع الانتخاب الجنسي، لأنه جعــل الجنــسين يطوران إستيراتيجيات تزاوج مختلفة. وكمثالٍ الذكور: يمكن للذكر إنتاج كميات كبيرة من الحيوانات المنوية، وبالتالي إمكانياً إنجاب عدد ضخم من الذرية له، محدود فقط بعدد الإناث اللاتي يــستطيع جــذبها والقــدرة التنافسية لحيواناته المنوية. الأمور مختلفة بالنسبة إلى الإناث: البييضات مكلفة ومحدودة العدد، وإن تتزاوج أنثى مرات كثيرة خلال فترة قصيرة، فهي تقوم بالقليل_إن يكن أي شيء_في زيادة عدد ذريتها.

يمكن أن يُرى برهان حيوي على هذا الاختلاف بالبحث عن الرقم القياسي للأطفال المولودين من قِبل أنثى بشرية مقابل ذكر. إن كنت لتخمن الرقم الأقصى للأطفال الذي يمكن لامرأة أن تنجبهم في عمرهــا، فربمــا ستقول حوالي خمسة عشر. احزر مجدداً. يعطي كتاب جِنِس للأرقام العالمية الرقم القياســي الرسمــي لامــرأة كتسعة وستين، أُنجِبوا من قِبَل فلاحة روسية في القرن الثامن عــشر. في ٢٧ حمــلاً بــين الأعــوام ١٧٢٥- ١٧٤٥م، لقد أنجبت ١٦ زوجاً من التوائم، وسبع مجموعات من ثلاثة توائم، وأربع مجموعات من أربعة توائم (يفترض أنه كان لديها نزعة وظيفية أو وراثية للولادات المضاعَفة). يبكي المرء لأجل هذه المرأة المبتلاة، لكــن رقمها مُتجاوَز بكثير من الذي لذكر، هو مولاي إسماعيل (١٦٤٦- ١٧٢٧م) امبراطور المغرب، قُرِّر عنه من قبل موسوعة جِنِس أنه قد أُنجِب له "على الأقل ٣٤٢ ابنة، و٥٢٥ ابناً، وبحلول عام ١٧٢١م حُسِب أن لــه سبعمئة سليل ذكر". حتى عند هذه الأرقام القصوى_إذن_يتقدم الذكور على الإناث بــأكثر مــن عــشرة أضعاف.

الاختلاف التطوري بين الذكور والإناث هو مسألة استثمار متباين، استثمار في البييضات المكلفــة مقابــل الحيوانات المنوية الرخيصة، واستثمار في الحمل (حينما تحتفظ الإناث بالبييضات وتغذيها)، واستثمار في الرعاية الأبوية والتي في الكثير من الأنواع تربي الإناث وحدها الصغار. بالنــسبة إلى الــذكور فــالتزاوج رخــيص، وبالنسبة إلى الإناث فهو مكلف. بالنسبة إلى الذكور يتكلف تزاوج جرعة قليلة من الحيوانات المنوية، وبالنسبة

إلى الإناث يتكلف أكثر بكثير: إنتاج بييضات كبيرة وافرة التغذية وغالباً نفقة كبيرة من الطاقة والوقت. ففي أكثر من ٩٠% من أنواع الثدييات استثمار الذكر الوحيد هو حيواناته المنوية، أما بالنسبة إلى الإناث فيقدمن كل الرعاية الأبوية.

هذا اللاتناظر بين الذكور والإناث في الأرقام الممكنة للتزاوجات والذرية يؤدي إلى مصالح متعارضة عندما يأتي وقت اختيار عشير. لا يخسر الذكر الكثير بالتزاوج مع أنثى "دون المستوى" (مثلاً، ضعيفة أو سقيمة)، لأنهم يمكنهم بسهولة التزاوج مجدداً، وعلى نحو متكرر.من ثم يؤيد الانتخاب الجينات التي تجعل الذكر غير مُمَيِّز، محاولاً بلا هوادة التزاوج مع أي أنثى تقريباً. (وأحياناً أو أي شيء حامل لأقل تشابه مع الأنثى، فذكور الطيهوج الحكيم الأمركي_على سبيل المثال_يحاولون مع أكوام من السماد البقري، و_كما تعلمنا من قبل_تحصل بعض الأوركيدات على التلقيح بإغراء ذكور النحل الشبقة بالتزاوج مع تويجاها *بتلاتها*).

الإناث مختلفة. فبسبب استثمارهن الأعلى في البييضات والذرية، أفضل تكتيك لهن أن يكن انتقائيات بدلاً من غير مميِّزات. يجب أن تقوم الإناث بحساب كل الفرص لاختيار أفضل أب ممكن لتخصيب بييضاتهن ذوات العدد المحدود. لذا فيجب أن يفحصن الذكور الممكنة ملياً جداً.

ما يؤدي إليه هذا_على العموم_أنه يجب على الذكور الصراع لأجل الإناث. ينبغي أن يكون الذكور غير مميِّزين، والإناث خجولات. ينبغي أن تكون حياة الذكر ذات صراع ضروس، متنافساً مع رفقائه لأجل العشيرات. الذكور الجيدون_سواء أكثر جاذبية أو أكثر قوة_عادةً سيحرزون رقماً كبيراً من العشيرات (سيُفضَّلون افتراضاً من قِبل إناث أكثر أيضاً)، بينما يمضي الذكور دون المستوى غير متزاوجين. من الناحية الأخرى، ستجد كل الإناث تقريباً آخر الأمر عشراء. وبما أن كل ذكر يتصارع لأجلهن، فإن حصتهن من النجاح التزاوجي ستكون أكثر كمالاً.

يصف علماء الأحياء هذا الاختلاف بالقول أن التفاوت في النجاح التكاثري ينبغي أن يكون أعلى بالنسبة إلى الذكور عن الإناث. هل هو كذلك؟ أجل، إننا نرى عادةً اختلافاً كهذا. فعلى سبيل المثال في الأيل الأحمر يكون التفاوت بين الذكور في كم الذرية التي يتركونها خلال أعمارهم أعلى بثلاث مرات عما للإناث. عدم التكافؤ أعظم بكثير بالنسبة إلى الفقمات الفيلية، الذين فيهم أقل من ١٠% من كل الذكور يترك أي نسل خلال مواسم التزاوج الكثيرة، مقارنة مع أكثر من نصف الإناث.[٣٤]

لقد أدى الاختلاف بين الذكور والإناث في أرقامهم الممكنة للنسل إلى تطور كلٍ من الصراع الذكوري والاختيار الأنثوي. يجب أن يتنافس الذكور لتخصيب عدد محدود من البييضات. هذا سبب رؤيتنا لـ (قانون الصراع): الصراع المباشر بين الذكور لترك جيناتهم إلى الجيل التالي. وهذا أيضاً سبب كون الذكور أغنياء بالألوان، أو لديهم استعراضات، أو نداآت تزاوجية، أو أكواخ يبنونها. ومَثَل هذا كأنه طريقتهم ليقولوا: "اختاريني! اختاريني!"، إنه على نحو جوهري التفضيل الأنثوي الذي يؤدي إلى تطور الذيول الأطول أو الاستعراضات الآكثر نشاطاً أو الأصوات الأعلى للأغاني في الذكور.

وبعد، فإن السيناريو الذي قد وصفته تواً هو على العموم، وهنالك استثناآت. فبعض الأنواع أحادية التزاوج، مع تقديم كلٍ من الذكر والأنثى الرعاية الأبوية. يمكن للتطور أن يؤيد التزاوج الأحادي لو أن الذكور يحصلون على نسل أكثر بمساعدتهم في رعاية الأطفال عما لو هجروا نسلهم للبحث عن تزاوجات أكثر. فعلى سبيل المثال، في كثير من أنواع الطيور، يُتطلَّب والدان متفرغان: عندما يخرج أحدهما لجمع العلف، يحضن الآخر البيض. لكن الأنواع أحادية التزاوج ليست بذلك الشيوع في الطبيعة. فكمثال، ٢% فقط من كل الأنواع الثديية لها هذا النوع من النظام التزاوجي.

علاوة على هذا، فهناك تفسيرات لثنائية الشكل الجنسية في حجم الجسد لا تتضمن الانتخاب الجنسي. ففي ذباب الفاكهة الذي أدرسه _كمثال_قد تكون الإناث أكبر لأنها ببساطة تعوز إنتاج بيض كبير ومكلف. أو ربما يكون الذكور والإناث مفترسين أكثر كفاءة لو تخصصوا في مواد غذائية. قد يؤدي الانتخاب الطبيعي لأجل تنافس أقل بين أعداد الجنسين إلى تطويرهما اختلافات في حجم الجسد. هذا ربما يفسر ثنائية الشكل الجنسي في بعض السحالي والصقور التي فيها الإناث أكبر من الذكور وتصطاد فرائس أكبر أيضاً.

الاستثناء على القاعدة

على نحو غريب، نرى ثنائية الشكل في الكثير من الأنواع أحادية التزاوج اجتماعياً، التي فيها يرتبط الذكر والأنثى ويربيا الصغار سوياً. وحيث أن الذكور لا يبدون متنافسين لأجل الإناث، فلماذا قد طوروا ألواناً وضيئة وزينات؟ هذا التناقض الظاهري في الحقيقة يقدم دعماً أكثر لنظرية الانتخاب الجنسي. فيتضح أن في هذه الأنواع المظاهر خادعة. إن هذه الأنواع أحادية التزاوج اجتماعياً لكن ليست أحادية التزاوج حقيقةً.

أحد هذه الأنواع هو الصعو الجني الرائع لأستراليا **fairy wren** (طائر صغير الحجم)، دُرِس من قِبَل زميلي بجامعة شيكاجو **Stephen Pruett-Jones**. لأول وهلة، يبدو هذا النوع كنموذج لأحادية التزاوج، يقضي الذكر والأنثى عادةً حياتيهما البالغة كلها مرتبطين اجتماعياً ببعضهما، ويدافعان بالاشتراك عن منطقتهما ويتشاركان الرعاية الأبوية. إلا أنهما يظهران ثنائية شكل جنسية مدهشة في الريش: فالذكور بهيو الألوان أزرق وأسود، بينما الإناث بنية اللون ضارب إلى الرمادي باهت. لماذا؟ لأن "الخيانة الزوجية" منتشرة. فعندما يأتي وقت التزاوج، تتزاوج الإناث مع ذكور آخرين في أغلب الأحيان أكثر مما يفعلن مع "العشير الاجتماعي". (هذا يُثبَت بتحليل الحمض النووي الأبوي). يلعب الذكور نفس اللعبة، ملتمسين وباحثين بنشاط عن تزاوجاتِ "أكثر من زوجين"، لكنهم يظلون متباينين أكثر بكثير من الإناث في نجاحهم التكاثري. أنتَج على نحو مؤكد تقريباً الانتخاب الجنسي المرافق لهذه الاقترانات "البِغائية" تطور الاختلافات اللونية بين الجنسين. إن هذا الصعو ليس فريداً في سلوكه. فرغم أن ٩٠% من كل أنواع الطيور أحادية التزاوج اجتماعياً، ففي ثلاثة أرباع هذه الأنواع بالكامل يتزاوج الذكور والإناث مع أفرادٍ غير شريكهم الاجتماعي.

تقوم نظرية الانتخاب الجنسي بتنبؤات قابلة للاختبار. إن يكن أحد الجنسين فقط لديه ريش وضيء، أو قرون، أو يؤدي استعراضات تزاوجية نشطة، أو يبني بناآت مجتهدة لإغراء الإناث، فيمكنك أن تراهن أنهم أفراد ذلك الجنس هم من يتصارعون للتزاوج مع أعضاء الجنس الآخر. والأنواع المُظهِرة لثنائية شكل أقل في السلوك أو المظهر ينبغي أن تكون أكثر أحاديةَ تزاوجٍ: إن يكن الذكور والإناث ترتبط ولا تحيد عن شريكها، فلا تنافس أو صراع جنسي وبالتالي لا انتخاب جنسي. بالفعل، يرى علماء الأحياء علاقة متبادلة بين أنظمة التزاوج وثنائية الشكل الجنسية. يُعثَر على ثنائيات الشكل القصوى في الحجم أو اللون أو السلوك في تلك الأنواع_كطيور الجنة أو الفقمات الفيلية_التي فيها يتصارع الذكور لأجل الإناث، ويحصل ذكور قليلون على معظم التزاوج. أما الأنواع التي يبدو فيها الذكور والإناث متشابهين_مثلاً الإوز والبطاريق والحمام والببغاوات_فتميل إلى أن تكون أحادية التزاوج حقاً، أمثلة لـ"الإخلاص" الحيواني. إن هذه العلاقة المتبادلة هي نصر آخر لنظرية التطور، لأنها يُتنبَّأ بها فقط بفكرة الانتخاب الجنسي وليس بأي بديل خلقي. فماذا سيكون هناك علاقة تبادلية بين اللون ونظام التزاوج إن لم يكن التطور حقيقة؟ حقاً، فإن الخلقيين أحرى من التطوريين بأن يصيروا مغشيين لرؤية ريش الطاووس.[٣٥]

حتى الآن لقد تكلمنا عن الانتخاب الجنسي كما لو أن الجنس الغير مميز هو دائماً الذكر والجنس الانتقائي هو الأنثى. لكن أحياناً_وإن يكن نادراً_يكون هنا السبيل الآخر. وعندما تُحوَّل هذه السلوكيات بين

الجنسين، فكذلك يفعل اتجاه ثنائية الشكل. إننا نرى هذا النقيض في تلك الأنواع الأكثر جاذبية من الأسماك وحصان البحر وقريبه وثيق الصلة السمك الأنبوبي أو أبي زمارة **pipefish**. في بعض هذه الأنواع يصبح الذكور بدلاً من الإناث حوامل! كيف يمكن أن يحدث ذلك؟ رغم أن الأنثى تنتج فعلاً البيض، فبعد أن يخصبه الذكر يضعه في كيس حضانة متخصص على بطنه أو ذيله، ويحملهم حتى يفقسوا. يحمل الذكور فقسة واحدة في المرة، وفترة "حملهم" تطول أكثر عما تستغرقه أنثى لإنتاج دفعة جديدة من البيض. إذن، فالذكور حقيقةً يستثمرون أكثر في تربية الأطفال عما تفعل الإناث. أيضاً، لأن هناك إناثاً حاملة للبيض غير المخصب أكثر من الذكور لقبولهن، فلابد أن تتنافس الإناث لأجل الذكور "غير الحوامل" شحيحي العدد. هنا يُعكَس الاختلاف بين الذكر والأنثى في إستيراتيجية التكاثر. وتماماً كما كنت لتتوقع تحت نظرية الانتخاب الجنسي فإنها الإناث هي المزينة بألوان وضيئة وزينات جسدية، بينما الذكور باهتون نسبياً.

نفس الأمر ينطبق على الـ **phalaropes**، وهي ثلاثة أنواع من طيور الشاطئ الجميلة التي تعيش في أوربا وأمركا الشمالية. هؤلاء ضمن الأمثلة القليلة لنظام تعدد الأزواج التزاوجي، أي أنثى واحدة وذكور عديدين. (هذا النظام التزاوجي يمكن أن يوجد بين مجموعات بشرية قليلة، بما فيها بعض التبتيين وأقلية من الهنود). ذكر الـ **phalaropes** مسؤول على نحو كامل عن رعاية الأطفال بانياً الأعشاش ومغذياً الفقسة، بينما تستمر الأنثى في التنقل للتزاوج مع ذكور آخرين. إذن، فإن إنفاق الذكر في النسل أكبر من إنفاق الإناث، وتتنافس الإناث لأجل الذكور الذين سيعتنون بالأطفال. و_على نحو مؤكد كفاية_في كل الأنواع الثلاثة الإناث ملونة على نحو اوضأ من الذكور.

إن أحصنة البحر والسمك الأنبوبي والـ **phalaropes** هي الاستثناآت التي تثبت القاعدة. فإن تزيينهم (المعكوس) هو بالضبط ما يتوقعه المرء إن يكن التفسير التطوري لثنائية الشكل الجنسية صحيحاً، لكنه لا يكون له منطق إن كانت الأنواع قد خُلِقَت على نحو خصوصيّ.

لماذا الاختيار؟

فلنعد إلى الاختيار التزاوجي "العادي"، الذي فيه الإناث هن الاختياريات. ما الذي يبحثن عنه بالضبط عندما تنتقي إحداهن ذكراً؟ أثار هذا السؤال خلافاً شهيراً في علم الأحياء التطوري. فألفرد راسل والِس_كما قد رأينا_كان مرتاباً (ومخطئاً على نحوٍ تام) بصدد ما إذا الإناث مختارات على الإطلاق. كانت نظريته الخاصة

أن الإناث أقل غنى بالألوان من الذكور لأهن يحتجن أن يكن مموهات عن المفترسين، بينما ألوان الذكور الوضيئة هي نواتج عرضية لوظيفتهم. رغم هذا، فهو لم يعطِ تفسيراً لماذا لا يكون الذكور مموهين كذلك.

كانت نظرية دارون أفضل قليلاً. لقد شعر بقوة أن النداآت والألوان والزينات الذكورية تطورت من خلال الاختيار الأنثوي. على أي أساس كانت الإناث تختار؟ كانت إجابته مدهشة: الجماليات البحتة. لم يرَ دارون سبباً لكون الإناث ينبغي أن تختار أشياء كالأغاني المجتهدة أو الذيول الطوال سوى أهن وجدها جذابة على نحو جوهري. أُثرِيَت دراسته الرائدة عن الانتخاب الجنسي (نشأة الإنسان والانتخاب في علاقته مع الجنس) عام ١٨٧١م بأوصافٍ جذابة شبيهة بالبشرية لكيفية "افتتان" إناث الحيوانات و"التودد إليها" بالسمات العديدة للذكور. إلا أنه _كما كتب والِس_كان لا يزال هناك مشكلة: هل الحيوانات_خاصة البسيطة كالخنافس والذباب_لديها حقاً حس جمالي كالذي لنا؟ قامر دارون على هذه المسألة، متذرعاً بالجهل:

"رغم أن لدينا بعض الدليل اليقيني على أن الطيور تدرك الأشياء الوضيئة والجميلة، كما هو الحال مع طيور الأكواخ الخاصة بأستراليا، ورغم أنها يقيناً تقدِّر قوة الغناء، إلا أنني أُسلِّم تماماً أنه مدهش أن إناث الكثير من الطيور وبعض الثدييات ينبغي أن تكون موهوبة بذوقٍ كافٍ لإدراك الزينات، التي لدينا سبب لعزوها إلى الانتخاب الجنسي، وهذا مدهش بدرجة أكبر في حالة الزواحف والأسماك والحشرات. لكننا حقيقةً نعرف القليل عن عقول الحيوانات الأدنى."

يتضح أن دارون_رغم أنه لم يكن لديه كل الإجابات_كان أقرب إلى الصواب عما كان والِس. أجل، الإناث تختار حقاً، ويتراءى أن ذلك الاختيار يفسر ثنائيات الأشكال الجنسية. لكنه لا يكون منطقياً أن التفضيل الأنثوي قائم على الجماليات وحدها. فالأنواع وثيقة القرابة_طيور الجنة الخاصة بنيوجينيا_أنواعها لها ذكور ذوو أنماط مختلفة جداً من الريش والسلوك التزاوجي. ما هو جميل بالنسبة لنوع مختلف جداً عما هو جميل لأقرب أقربائه؟

في الحقيقة، لدينا اليوم الكثير من الأدلة أن التفضيلات الأنثوية هي نفسها تكيفية. لأن تفضيل أنماط محددة من الذكور يساعد الإناث على نشر جيناها. التفضيل ليس دوماً مسألة ذوق عشوائي وغريزي_كما افترض دارون_بل في كثير من الحالات تطور على الأرجح بالانتخاب.

ما الذي تناله أنثى باختيار ذكر محدد؟ هناك إجابتان: يمكنها أن تستفيد مباشرة، أي بانتقاء ذكر سيساعدها على إنتاج صغار أكثر وأصح خلال عملية تربية الأطفال. أو يمكنها الاستفادة على نحو غير مباشـر، باختيـار ذكر لديه جينات أفضل من التي للذكور الآخرين (أي جينات ستعطي نسلها أفضلية في الجيل التالي). بأيٍ من السبيلين، سيؤيَّد تطور التفضيلات الأنثوية بالانتخاب، الانتخاب الطبيعي.

فلنتناول الفوائد المباشرة: إن جيناً يملي على الأنثى أن تتزاوج مع ذكور مسيطرين على مناطق أفضل يمدها بنسل مغذى على نحو أفضل أو يشغل أعشاشاً أفضل. سيبقون أحياء أفضل ويتكاثرون أكثر من الصغار الذين لم يُربوا في مناطق جيدة. هذا يعني أن المجموعة السكانية للصغار ستحتوي على نسبة أعلى من الإناث حاملات "جين التفضيل" أكثر مما احتوت في الجيل السابق. عندما تمر الأجيال ويستمر التطور، ستحمل كـل الإنـاث آخر الأمر جينات التفضيل. وإن كانت هناك طفرات أخرى تزيد التفضيل لأجل مناطق أفضل، فستزيد تلك أيضاً تكرراً. خلال الزمن، سيتطور التفـضيل للـذكور ذوي المنـاطق الأفـضل ليـصير أقـوى فـأقوى. وهذا_بدوره_ينتخب الذكور للصراع بقوة أكثر لأجل المناطق. يتطور التفضيل الأنثوي بالترابط مع صـراع الذكور لأجل ممتلكات حقيقية.

إن الجينات التي تعطي فوائد غير مباشرة للإناث المختارات ستنتشر أيضاً. تصور أن ذكراً لديه جينات أكثر مقاومةً من الذكور الآخرين للمرض. الأنثى التي تتزاوج مع مثل هكذا ذكر سيكون لها نسل هم أيضاً أكثـر مقاومة للمرض. هذا يعطيها فائدة تطورية لتختار ذلك الذكر. الآن تصور كذلك أن هناك جيناً يُمكِّن الإناث من التعرف على هؤلاء الذكور الأصح كعشراء. إن تزاوجت مع ذكر كهذا، فسيُنتج ذلك التـزاوج أبنـاء وبنات يحملون كلا النوعين من الجينات: تلك التي لمقاومة لمرض وكذلك تلك التي لتفـضيل الـذكور ذوي مقاومة المرض. في كل جيل، أكثر الأفراد مقاومةً للمرض_الذين يتكاثرون أفضل_سيحملون أيضاً الجينـات التي تملي على الإناث اختيار أكثر الذكور مقاومةً للمرض. كما تنتشر جينـات المقاومـة هـذه بالانتخـاب الطبيعي، فإن الجينات للتفضيل الأنثوي تترافق جنباً إلى جنب معها. بهذه الطريقة يزداد كـلٌ مـن التفـضيل الأنثوي ومقاومة المرض في نوع.

كلا هذين السيناريوين يفسران سبب تفضيل الإناث أنماطاً محددة من الذكور، لكن ليس سـبب تفـضيل صفات محددة لهؤلاء الذكور، كالألوان الوضيئة أو الريش الجميل. هذا يحدث على الأرجح لأن هذه الصفات

المحددة تُعلِم الأنثى أن الذكر سيمنح فوائد مباشرة أو غير مباشرة أكبر. فلننظر إلى أمثلة قليلة للاختيار الأنثوي.

طائر برقش المترل **house finch** الشمال أمركي ثنائي الشكل جنسياً بالنسبة إلى اللون: فالإناث بنية لكن الذكور لهم ألوان وضيئة على رؤوسهم وصدورهم. لا يدافع الذكور عن مناطق لكن يتبدى منهم رعاية أبوية حقاً. وجد **Geoff Hill** من جامعة **University of Michigan** أن في إحدى المجموعات السكانية المحلية يتباين الذكور في اللون من الأصفر الباهت ومروراً بالبرتقالي ووصولاً إلى الأحمر الوضيء. راغباً في رؤية ما إذا يكون اللون يؤثر في النجاح التكاثري، استخدم أصباغ شعر لجعل الذكور أوضأ أو أبهت. على نحو يقيني كافٍ، حصل الذكور الأوضأ على نحو ذي مغزى على عشيرات أكثر من الأبهت منهم. وبين الطيور غير المتلاعب بها، هجرت الإناث أعشاش الذكور الأفتح في أغلب الأحيان أكثر من أعشاش الذكور الأوضأ.

لمذا تفضل إناث برقش المترل الذكور الأوضأ؟ أثبت **Hill** أن في نفس المجموعة السكانية، يغذي الذكور الأوضأ صغارهم في أغلب الأحيان أكثر مما يفعل الذكور الأبهت. هكذا تحصل الإناث على فائدة مباشرة، في شكل تموين أفضل لأنسالهن، باختيار الذكور الأوضأ. (ربما تهجر الإناث المتزاوجة مع الذكور الأفتح أعشاشهم لأن الأطفال لا تُغذّى على نحوٍ كافٍ). ولماذا تجلب الذكور الأوضأ طعاماً أكثر؟ على الأرجح لأن الوضاءة هي علامة الصحة العامة. يأتي اللون الأحمر لذكور البرقش بالكُلِّيَّة من أصباغ كاروتينية **carotenoid** في البذور التي يأكلونها، فلا يمكنهم عمل هذا الصبغ بأنفسهم. لذا فإن الذكور الأوضأ أفضل تغذيةً، وعلى الأرجح أصح على العموم. يتراءى أن الإناث تختار الذكور الوضيئة ببساطة لأن اللون يُعلِمهن: "أنا ذكر أفضل قدرةً على تموين مؤونة الأسرة". أي جينات تجعل الإناث يفضلن الذكور الأوضأ تعطي هؤلاء الإناث فائدة مباشرة، وبالتالي سيزيد الانتخاب ذلك التفضيل. ومع التفضيل في الوضع الملائم، سيحصل أي ذكر أفضل في تحويل البذور إلى ريشٍ وضيء على أفضلية، لأنه سيحصل على عشيرات أكثر. خلال الزمن، سيُعظِّم الانتخاب الجنسي لون الذكر الأحمر. تظل الإناث قاتمة اللون لأنهن لا ينلن فائدة من أن يكن وضيئات، ففي الحقيقة قد يعانين من صيرورقمن أكثر وضوحاً للمفترسين.

هناك فوائد مباشرة أخرى لاختيار ذكر صحيح وقوي. يمكن أن يحمل الذكور طفيليات أو أمراض قد ينقلونها إلى الإناث أو صغارهن أو كليهما. وإنه من مصلحة الأنثى تجنب هؤلاء الذكور، يمكن أن يكون لون الذكر أو ريشه أو سلوكه مفتاحاً لمعرفة ما إذا كان مريضاً أو مُعدَى بطفيل: فقط الذكور الأصحاء يمكنهم

الغناء غناءً عالي الصوت، أو تأدية عرض نشيط، أو تطوير مجموعة من الريش الوضيء الجميل. فإن تكن ذكور نوعٍ زرقٌ وِضاءٌ بصورة سوية_على سبيل المثال_سيكون أفضل للأنثى تجنب التزاوج مع ذكر أزرق باهت.

تبرهن نظرية التطور أن الإناث ينبغي أن يفضلن أي صفة تُظهِر أن ذكراً سيكون أباً جيداً. كل ما هو متطلَّب هو أن يكون هناك بعض الجينات التي تزيد التفضيل لتلك الصفة، وأن يعطي ذلك التباين الجيني في تعبير الصفة إشارة إلى حالة الذكر. البقية تتبع هذا على نحو آلي. ففي طائر الطيهوج الحكيم يُسبِّب قمل طفيلي نقطاً من الدم على كيس الذكر الصوتي، وهي هيئة معروضة على نحو جليّ كجراب متورم واضح بينما يتبخترون في المُسْتَعرَض. الذكور الذين يوضَع لهم نقاط دم مزيفة مطلية على أكياسهم الصوتية يحصلون على تزاوجات أقل على نحو ذي دلالة. لعل النقاط الدموية تُعلِم الإناث أن ذكراً مُعدَى وسيكون حرفياً أباً مُقَمَّلاً. سيؤيِّد الانتخاب الجينات التي تعزز ليس فقط التفضيل الأنثوي للأكياس غير المنقطة، بل أيضاً صفة الذكر التي تدل على حالته. سيصير الكيس الصوتي للذكر أكبر، وسيزداد تفضيل الأنثى للكيس الصوتي المنبسط. هذا يمكن أن يؤدي إلى تطور سمات مُعَظَّمة بدرجة عالية، كالذيل الطويل على نحو مضحك في طائر الأرملة أو بالعربية الهَوِيد. تتوقف كامل العملية فقط عندما تصير صفة الذكر معظّمة جداً لدرجة أن أي زيادة إضافية تقلل فرصة بقائه حياً أكثر مما تجذب الإناث، ونتيجةً لذلك كان سيدفع الثمنَ نتاجُه الكلي من النسل.

ماذا عن التفضيلات الأنثوية التي تعطي فوائد غير مباشرة؟ أكثر هذه الفوائد وضوحاً هو ما يعطيه الذكر دائماً لنسله: جيناته. ونفس نوع السمات الذي يُظهِر أن ذكراً صحيح يمكن أن يُظهِر أيضاً أنه مانح جيد جينياً. سيكون الذكور ذوو الألوان الأوضأ أو الذيول الأطول أو النداآت الأعلى قادرين على استعراض هذه السمات فقط لو أنهم لديهم جينات تجعلهم يبقون أحياء أو يتكاثرون أفضل من منافسيهم. نفس الأمر بالنسبة إلى الذكور القادرين على بناء أكواخ متقنة، أو مراكمة أكوام كبيرة من الحجارة. يمكنك تصور سمات كثيرة يمكن أن تُظهر أن ذكراً لديه جينات لبقاء على الحياة أعظم، أو قدرة أعظم على التكاثر. تبرهن نظرية التطور أن في هذه الحالات ستزداد ثلاثة أنواع من الجينات تكراراً كلها معاً: جينات لسمة ذكورية "دليل" تعكس أن لديه جينات جيدة، وجينات تجعل الأنثى تفضل السمة الدليل، وبالتأكيد الجينات الجيدة التي يُعكَس وجودها بالدليل. هذا سيناريو معقد، إلا أن معظم علماء الأحياء التطورية يعتبرونه أفضل تفسير للسمات والسلوكيات الذكرية المجتهدة.

لكن كيف يمكننا اختبار ما إذا كان نموذج (الجينات الجيدة) صحيح حقاً؟ هل تبحث الإناث عن الفوائد المباشرة أو غير المباشرة؟ قد تأبى أنثى ذكراً أقل حيوية أو أقل رونقاً، إلا أن هذا قد لا يعكس هبته الجينية الرديئة بل ببساطة ضعفاً مسبباً بيئياً، كالعدوى أو سوء التغذية. تجعل هذه التعقيدات أسباب الانتخاب الجنسي في أي حالة متناوَلة صعبة التكشّف.

لعل أفضل اختبار لنموذج الجينات الجيدة كان ما تم عمله على ضفادع الأشجار الرمادية من قِبَل **Allison Welch** وزملاؤها من جامعة **University of Missouri**. تجذب ذكور الضفادع الإناث بتقديم نداآت عالية، واسمةً لليالي الصيف في جنوبي الولايات المتحدة الأمركية. برهنت الدراسات على الضفادع الأسيرة أن الإناث تفضل على نحو قوي الذكور ذوي النداآت الأطول. لاختبار ما إذا يكون هؤلاء الذكور لهم جينات أفضل، فصل الباحثون بييضات من إناث مختلفة، مخصبين نصف بييضات كل أنثى خارج الجسد في الأنابيب الزجاجية مع الحيوانات المنوية من الذكور طويلي النداء، والنصف الآخر مع الحيوانات المنوية من الذكور قصيري النداء. ثم رُبِّيت بعد ذلك الدعاميص من هذه التلقيحات حتى النضج. كانت النتائج درامية. نمى نسل طويلي النداء أسرع وبقوا أحياء أفضل كدعاميص، وكانوا أكبر في وقت التحول (الوقت الذي تتحول فيه الدعاميص إلى ضفادع)، ونموا أسرع بعد التحول. وبما أن ذكور ضفادع الأشجار الرمادية لا تسهم في النسل سوى بالحيوانات المنوية، فإن الإناث لا يمكن أن يحصلن على فوائد مباشرة من اختيار ذكر طويل النداء. يدل هذا الاختبار بقوة على أن النداء الطويل هو علامة على ذكر صحيح ذي جينات جيدة، وأن الإناث اللاتي يخترن هؤلاء الذكور ينتجن نسلاً متفوقاً جينياً.

إذن فماذا عن هؤلاء الطواويس؟ لقد رأينا أن الإناث تفضّل أن تتزاوج مع ذكور لديهم نقاط عينية أكثر في ذيولهم. ولا يقوم الذكور بالإسهام في تربية صغارهم. عاملاً بحديقة **Whipsnade Park** أثبت **Marion Petrie** أن الذكور ذوي النقاط العينية الأكثر يُنجَب لهم صغار ليسوا فقط ينمون أسرع بل أيضاً يبقون أحياء أفضل. إنه مرجح أن باختيارهن ذيولاً أكثر اتقاناً تختار الإناثُ الجيناتِ الجيدة، لأن ذكراً مانحاً جيداً جينياً أكثر قدرةً على تنمية ذيل متقن.

هاتان الدراستان هما كل الأدلة التي لدينا حتى الآن على أن الإناث تختار الذكور ذوي الجينات الأفضل. وإن رقماً كبيراً من الدراسات لم يجد ترابطاً بين التفضيل العشيري *(أي الأنثوي نسبة إلى العشيرة)* والجودة الجينية للنسل. رغم هذا يظل نموذج الجينات الجيدة التفسير المفضل للانتخاب الجنسي. هذه الثقة في مقابل

الأدلة الضئيلة نسبياً_ربما تعكس جزئياً تفضيلاً لعلماء التطور للتفسيرات التطورية المتزمتة، وهو الاعتقاد بأن الإناث يجب أن يكن قادرات بطريقة ما على التمييز بين جينات الذكور.

ومع ذلك، هناك تفسير ثالث لثنائيات الأشكال الجنسية، وهي أبسط الكل. إنه يقوم على ما يُدعى بنماذج النزعة الحسية. تفترض هذه النماذج أن تطور ثنائيات الأشكال الجنسية يُقاد ببساطة بنزعات مُسبَقة الوجود في النظام العصبي الأنثوي. وقد تكون هذه النزعات ناتجاً عرضياً للانتخاب الطبيعي لوظيفةٍ غير إيجاد العشراء، كإيجاد الطعام. على سبيل المثال، تصور أن أفراد نوع قد طوروا تفضيلاً بصرياً للون الأحمر لأن ذلك التفضيل يساعدهم على تحديد مواقع الفواكه الناضجة وثمار التوت. إن ظهر ذكر مطفَّر برقعة حمراء اللون على صدره، فقد يُفضّل من جانب الإناث ببساطة بسبب هذا التفضيل سابق الوجود. من ثم سيكون للذكور الحمر أفضلية، ويمكن أن تتطور ثنائية شكل لونية.(نفترض أن اللون الأحمر ضارٌ في الإناث لأنه يجذب المفترسين). وبدلاً من ذلك، فقد تفضل الإناث أيضاً ببساطة سماتٍ غريبة تثير بطريقة ما أنظمتهن العصبية. على سبيل المثال، قد يفضلن الذكور الأكبر، أو الذكور الذين يستحوذون على اهتمامهن بعمل استعراضات أكثر تعقيداً، أو الذكور المُشكَّلين بصورة غريبة لأنهم لديهم ذيول أطول. بخلاف النموذجين الذين وصفتهما آنفاً، ففي نموذج النزعة الحسية لا تستمد الإناث فائدة مباشرة ولا غير مباشرة من اختيار ذكرٍ معين.

يمكنك اختبار هذه الفرضية بإنتاج سمة غريبة حقاً في الذكور ورؤية ما إذا ستحبها الإناث. هذا تم عمله في نوعين من براقيش العشب الأسترالية **Australian grassfinches** من قِبَل **Nancy Burley and Richard Symanski** من جامعة **University of California**. لقد لصقا ببساطة ريشة واحدة عمودية التوضع على رؤوس الذكور، مشكِّلة عرفاً اصطناعياً، ثم عرَّضا هؤلاء الذكور المُعَرَّفين _مع ضبطيين غير معرفين_ إلى الإناث.(ليس لدى براقيش العشب أعراف، رغم أن بعض الأنواع غير ذات القرابة كببغاء الكوكاتو **cockatoos** لديهم). اتضح أن الإناث يُظهرن تفضيلاً قوياً للذكور الموضوع لهم أعراف اصطناعية بيضاء عن الذكور ذوي الأعراف الاصطناعية الحمراء أو الخضراء على السواء، أو الذكور غير المعرفين الطبيعيين. لا ندري لماذا تفضل الإناث الأبيض، لكن ربما هذا لأنهن يحشين أعشاشهن بريش أبيض لتمويه بيضهن عن المفترسين. تثبت تجارب مشابهة على الضفادع والأسماك أن الإناث لديهن تفضيلات لصفات لم يتعرضن لها من قبل قط.[٣٦] لعل نموذج النزعة الحسية هام، بما أن الانتخاب الطبيعي قد يصنع كثيراً من الأحيان تفضيلات سابقة الوجود تساعد الحيوانات على البقاء والتكاثر، ويمكن أن تُختار هذه التفضيلات

على نحو مشترك من جانب الانتخاب الجنسي لصنع صفات ذكورية جديدة. لعل نظرية دارون عن الجماليات عند الحيوان كانت صحيحة جزئياً، ولو أنه قد أنسن التفضيلات الأنثوية كـ"تذوق للجميل".

على نحو واضح يفتقد هذا الفصل أي بحث عن نوعنا. فماذا عنا؟ السؤال عن إلى أي مدى تنطبق نظريات الانتخاب الجنسي على البشر هو سؤال معقد، سنتابعه في الفصل التاسع.

الفصل السابع

أصل الأنواع

"كل نوع هو تحفة نادرة للتطور لا يمكن للبشرية بأية حال عمل مطابَقة لها حتى لو أنجزنا بطريقة ما تكوين أنواع جديدة بالهندسة الجينية."

E.O.Wilson

في عام ١٩٢٨م، بدأ عالم حيوان جرماني شاب يدعى **Ernst Mayr** رحلة إلى براري نيوجينيا الهولندية لجمع النباتات والحيوانات. حدَثاً متخرجاً من مدرسة الخريجين، افتقر إلى أي خبرة حقلية، إلا أنه كان لديه ثلاثة أشياء ساعدته: حب للطيور طوال حياته، وحماس كبير، و _الأكثر أهمية_الدعم المالي من المصرفي البريطاني وهاوي التاريخ الطبيعي اللورد **Lord Walter Rothschild**. لقد امتلك **Rothschild** أكبر مجموعة خاصة من نماذج الطيور في العالم، وأملَ أن جهود **Mayr** ستضيف إليها. خلال السنتين التاليتين، سافر **Mayr** سيراً خلال الجبال والأدغال مع مفكراته وعدة الجمع. في أغلب الأحيان وحيداً، كان ضحية المناخ السيء، والطرق الخطرة، والمرض المتكرر (وهو شأن خطر في أيام ما قبل اختراع المضاد الحيوي تلك)، ورهاب الأجانب عند المحليين، فالكثيرون منهم لم يرَ غريباً قط. رغم ذلك، كانت حملته الفردية نجاحاً عظيماً: عاد **Mayr** بالكثير من العينات الجديدة على العلم، مشتملةً ٢٦ نوعاً من الطيور و٣٨ نوعاً من الأوركيدات. أطلق عمل نيوجينيا سيرته المهنية النجمية كعالم أحياء تطوري، بالغاً أوجَه في منصب الأستاذية بجامعة **Harvard**، حيث تشرفتُ كطالب متخرج بأن يكون صديقاً ومعلماً لي.

عاش **Mayr** مئة عام بالضبط، منتجاً فيضاً من الكتب والأوراق حتى يوم وفاته.من بينها كان كتابه الكلاسيكي بعام ١٩٦٣م: أنواع الحيوانات والتطور، وهو الكتاب عينه الذي جعلني أرغب في دراسة التطور. سرَد **Mayr** فيه حقيقةً مدهشة: عندما حصر الأسماء التي يستعملها مواطنو جبال **Arfak** بنيوجينيا للطيور المحلية، وجد أنهم تعرفوا على ١٣٦ نوعاً مختلفاً وتعرف علماء الحيوان الغربيون_مستعملين الوسائل

التقليدية وعلم التصنيف_على ١٣٧ نوعاً. بعبارة أخرى، كلٌ من المواطنين المحليين والعلماء قد ميَّزوا نفس أنواع الطيور التي تعيش في البرية. هذا الاتفاق بين مجموعتين ثقافيتين مختلفتين بخلفيتين مختلفتين جداً أقنعَ Mayr_كما ينبغي أن يقنعنا_أن نقاط الانفصالات في الطبيعة ليست اعتباطية، بل هي حقيقةٌ موضوعية.(٣٧)

في الحقيقة، لعل أكثر الحقائق إدهاشاً عن الطبيعة كونها منفصلة الأنواع. عندما تنظر إلى الحيوانات والنباتات، ينتمي كل واحد دوماً إلى إحدى المجموعات المنفصلة الكثيرة. فعلى سبيل المثال، عندما ننظر إلى سنور (قط بري)، يمكننا فوراً التعرف عليه كأسد أو كوجر cougar أو نمر أبيض، وما إلى ذلك. لا تختلط كل أنواع السنوريات ببعضها البعض على نحو ثابت خلال سلاسل من المتوسطات السنورية. ورغم أن هناك تبايناً بين الأفراد ضمن المجموعة (كما يعلم كل باحثي الأسود، فإن كل أسد يبدو مختلف الشكل عن الآخر)، ومع ذلك تظل الأنواع منفصلة في "فضاء كائني". إننا نرى مجموعات في كل الكائنات تتكاثر جنسياً.

تُعرَف هذه المجموعات المنفصلة بالأنواع. ولأول وهلة، يبدو وجودهم كأنه معضلة للنظرية التطورية. فبالنهاية، فإن التطور عملية مستمرة، إذن كيف يمكنها إنتاج مجموعات من الحيوانات والنباتات المنفصلة والغير متصلة، منفصلة بعضها عن الآخر بفجوات في المظهر والسلوك؟ كيف نشأت هذه المجموعات هو معضلة الاستنواع، أو أصل الأنواع.

ذلك_بالتأكيد_هو عنوان أشهر كتب تشارلز داروين، وهو عنوان يتضمن أنه لديه الكثير ليقوله عن الاستنواع. فحتى في الفقرة الافتتاحية قال بأن الجغرافيا الحيوية لأمركا الجنوبية *"ستلقي بعض الضوء على أصل الأنواع، تلك التي هي لغز الألغاز، كما دُعيَت من قِبَل أحد أعظم فلاسفتنا."* (كان الفيلسوف في الحقيقة هو العالم البريطاني John Herschel). إلا أن عمل داروين العظيم كان صامتاً إلى حد بعيد بشأن (لغز الألغاز)، والقليل الذي قيل من جانبه بشأن هذه المسألة يُنظَر إليه من قِبَل معظم علماء التطور مشوشاً. لم يرَ داروين على نحو جليّ الانفصالات في الطبيعة كمعضلةٍ لتُحلّ، أو اعتقد أن هذه الانفصالات ستؤيَّد بطريقة ما بالانتخاب الطبيعي. بأية حال، فقد أخفق في تفسير مجموعات الطبيعة بطريقة متماسكة.

من ثم، فإن عنواناً أفضل لكتاب أصل الأنواع، كان سيكون أصل التكيفات. فبينما اكتشف داروين كيفية وسبب تغير نوع واحد خلال الزمن (إلى حد كبير بالانتخاب الطبيعي)، فهو لم يفسر قط كيف ينفصل نوع إلى اثنين. رغم أن معضلة الانفصال هذه من نواحٍ عديدة بنفس أهمية فهم كيفية تطور نوع واحد. فبالنهاية،

فإن تنوع الطبيعة يشتمل على ملايين الأنواع، كلٌ لها مجموعتها الفريدة الخاصة من الصفات. وكل هذا التنوع أتى من سلف قديم واحد. من ثم، فإن تُرِدْ تفسير التنوع الحيوي نحتَجْ إلى عمل أكثر من تفسير كيفية نشوء الصفات الجديدة. يجب أن نفسر أيضاً كيفية نشوء الأنواع الجديدة. فلو لم يحدث الاستنواع لما كان هناك تنوع حيوي على الإطلاق، بل فقط متحدر واحد متطور لمدة طويلة من نفس ذلك النوع الأول.

لسنواتٍ بعد نشر أصل الأنواع، كافح علماء الأحياء_وأخفقوا_في تفسير كيفية إنتاج عملية التطور المستمرة للمجموعات المنفصلة المعروفة بالأنواع. في الحقيقة لم تُعالَج مشكلة الاستنواع على نحو جادّ حتى أواسط ثلاثينيات القرن العشرين. اليوم_بعد أكثر من قرن على موت دارون_لدينا أخيراً صورة كاملة على نحو معقول لماهية الأنواع وكيف تنشأ. ولدينا أيضاً أدلة على تلك العملية.

لكن قبل أن يمكننا فهم أصل الأنواع، نحتاج أن نفهم ما يمثّلونه بالضبط. إحدى الإجابات الواضحة تقوم على كيفية إدراك النوع: كمجموعة من الأفراد يشابهون بعضهم البعض أكثر مما يشابهون أعضاء مجموعة أخرى. طبقاً لهذا التعريف_المعروف بمفهوم النوع التشكّلي_فصنف النمر سيُعرّف بتعريف على غرار "المجموعة المشتملة على كل السنورات الآسيوية التي بالغوها أطول من خمسة أقدام ولها خطوط سوداء طولية على جسد برتقالي الفراء، مع رقعٍ بيضاء حول العينين والفم." هذه هي الطريقة التي ستجد أنواع الحيوانات والنباتات موصوفة بها في الأدلة الحقلية، وهي الطريقة التي صنّف بها **Linnaeus** الأنواع لأول مرة في عام **١٧٣٥**م.

إلا أن هذا التعريف له بعض المشاكل. ففي الأنواع ثنائية الشكل جنسياً_كما قد رأينا في الفصل السابق_يمكن أن يبدو الذكور والإناث مختلفين جداً. في الحقيقة، باحثو متاحف الطبيعة المبتدئون العاملون على الطيور والحشرات غالباً ما يخطؤون تصنيف ذكور وإناث النوع الواحد كأعضاء نوعين مختلفين. من السهل فهم_لو ننظر فقط إلى الأسطح الخارجية للمتحف_كيف يمكن أن يُصنَّف ذكور وإناث الطواويس بهذه الطريقة. هناك أيضاً مشكلة في التباين ضمن المجموعة المتكاثرة. فالبشر_كمثال_يمكن أن يُصنَّفوا في مجموعات منفصلة قليلة، بناءً على لون العين: من لهم عيون زرقاء وبنية وخضراء. هذا اختلاف على نحو واضح تقريباً، فلماذا لا نعتبرهم أنواعاً مختلفة؟ نفس الأمر ينطبق على المجموعات السكانية الأحيائية التي تبدو مختلفة في الأماكن المختلفة. البشر مجدداً مثال رئيسيّ: فإنيوئت (إسكيمو) كندا يبدون مختلفين عن قبائل الكونج بجمهورية جنوب إفريقيا، وكلاهما يبدون مختلفين عن الفنلنديين. هل نَصِفُ كلَّ هذه المجموعات السكانية

كأنواع مختلفة؟ بطريقةٍ ما نعلم أن هذا خطأ، فبالنهاية، فإن أعضاء المجموعات السكانية البشرية كلها يمكنهم التزاوج بنجاح. وما ينطبق على البشر ينطبق على الكثير من النباتات والحيوانات. فعلى سبيل المثال، العصفور المغني الشمال أمركي song sparrow قد صُنِّف إلى ٣١ سلالة جغرافية (تدعى أحياناً بأنواع فرعية) بناءً على الاختلافات في الريش والغناء. إلا أن أعضاء كل هذه السلالات يمكنهم التزاوج ونِتاج نسل خصيب. فعند أي نقطة تكون الاختلافات بين المجموعات السكانية كبيرة كفاية لتجعلنا ندعوها أنواعاً مختلفة؟ هذا المفهوم يجعل تعيين الأنواع ممارسة اعتباطية، إلا أننا نعرف أن الأنواع لها حقيقة موضوعية وليست مجرد تنظيمات بشرية اعتباطية.

على نحو معكوس، فإن بعض المجموعات التي يتعرف عليها علماء الأحياء كأنواع مختلفة تبدو إما متشابهة تماماً أو متشابهة تقريباً. هذه الأنواع "المائهة" توجد في معظم مجموعات الكائنات، بما فيها الطيور والثدييات والنباتات والحشرات. إنني أدرس الاستنواع في مجموعة ذباب الفاكهة_الدروسوفيلا_التي تشتمل على تسعة أنواع. إناث كل هذه الأنواع لا يمكن التمييز بينها، حتى تحت المجهر، ويمكن أن يُصنَّف الذكور فقط باختلافات ضئيلة في أشكال أعضائهم التناسلية. على نحو مشابه، فالبعوضة حاملة الملاريا Anopheles gambiae هي واحدة من مجموعة من سبعة أنواع تبدو متماثلة تماماً تقريباً، إلا أنها تختلف في مكان عيشها وأي المضيفين تعض. فالبعض لا يتطفلون على البشر وبالتالي لا يحملون خطر الملاريا. إذا كنا لنكافح هذا المرض على نحو فعال، فمن الحاسم أن نكون قادرين على تمييز هذه الأنواع عن بعضها البعض. علاوة على هذا، لأن البشر حيوانات بصرية، فإننا نميل لأن نغفل عن صفات لا يمكن ملاحظتها بسهولة، كالاختلافات في الفرمونات التي غالباً ما تميّز الأنواع ذوات المظهر المتشابه من الحشرات.

ربما قد سألتَ نفسَك لماذا_إن تكن هذه الأشكال المائهة تبدو متشابهة للغاية_نعتقد أنها حقيقةً أنواع مختلفة. الإجابة أنهم يوجدون على نحو متشارك في نفس الموقع ولكنهم لا يتبادلون الجينات أبداً: لا يتهجن أحد الأنواع ببساطة مع أعضاء آخر. (يمكنك اختبار هذا في المعمل بعمل تجارب التربية، أو بالنظر مباشرة إلى الجينات لرؤية ما إذا تكون المجموعات تتبادلها). وبالتالي فإن المجموعات معزولة تناسلياً عن بعضها البعض: إنهم يؤلفون "أحواضاً جينية" متميزة لا تمتزج. يبدو من المعقول افتراض أن_تحت أي رؤية واقعية عما يجعل مجموعة متميزة في الطبيعة_هذه الأشكال المائهة متميزة.

وعندما نفكر في سبب شعورنا أن البشر بنيي العيون وزرقها، أو الإنيوئت والكونج أعضاء في نفس النوع، ندرك أن هذا بسبب أنهم يستطيعون التزاوج مع بعضهم البعض وإنتاج نسل يحتوي على توليفات من جيناتهم. بعبارة أخرى، فإنهم ينتمون إلى نفس الحوض الجيني. عندما تتأمل الأنواع المائهة، والتباين الوراثي في البشر، تصل إلى فكرة أن الأنواع ليست مميزة فقط لأنها تبدو مختلفة، بل لأن هناك حواجز بينها تمنع التهجن.

كان Ernst Mayr وعالم الوراثة الروسي Theodosius Dobzhansky أول من أدركا هذا، وفي عام ١٩٤٢م اقترح ماير تعريفاً للنوع صار القاعدة الذهبية لعلم الأحياء التطوري. مستعملاً المعيار التكاثري لوضع النوع، عرَّف ماير النوع بأنه *"مجموعة من المجموعات السكانية الطبيعية المتكاثرة المعزولة تناسلياً عن المجموعات الأخرى المماثِلة."* يُعرَف هذا التعريف بالمفهوم البيولوجي للنوع. "المعزولة تناسلياً" تعني ببساطة أن أعضاء الأنواع المختلفة لهم صفات_اختلافات في المظهر أو السلوك أو الوظائف الجسدية_تمنعهم من التناسل بنجاح، بينما أعضاء نفس النوع يمكنهم التناسل بسهولة.

ما الذي يمنع أعضاء نوعين أقارب من التزاوج مع بعضهم الآخر؟ هناك حواجز تكاثرية مختلفة عديدة. قد لا تتهجن الأنواع ببساطة لأن مواسم تزاوجها أو إزهارها لا تتزامن. فبعض المرجانات_على سبيل المثال_تتكاثر في ليلة واحدة فقط في السنة، قاذفةً أعداداً هائلة من البييضات والنطف في البحر خلال فترة عدة ساعات. تظل الأنواع وثيقة القرابة العائشة في نفس الموقع متميزة لأن فترات قذفهم بالغة الأوج هي عدة ساعات منفصلة، مانعة ببييضات أحد الأنواع من الالتقاء بنطف آخر. أنواع الحيوانات غالباً ما يكون لها استعراضات تزاوج أو فرمونات مختلفة، ولا تجد بعضها الآخر جذاباً جنسياً. الإناث في مجموعتيِ من أنواع الدروسوفيلا لهن مواد كيميائية على بطونهن يجدها ذكور الأنواع الأخرى غير جذابة. يمكن أن تُعزَل الأنواع أيضاً بتفضيل مواطن مختلفة، بالتالي فإنهم ببساطة لا يُلاقون بعضهم الآخر. كثير من الحشرات يمكنها التغذي والتكاثر على نوع واحد فقط من النبات، والأنواع المختلفة تُحصَر في أنواعٍ مختلفة من النباتات. هذا يمنعهم من التزاوج ببعضهم خلال وقت التزاوج. يمكن أن تبقى الأنواع وثيقة القرابة من النباتات معزولة لأنها تستعمل ملقحين مختلفين. كمثال فإن نوعين من زهور القرد monkey flowers Mimulus تعيش في نفس منطقة Sierra Nevada، لكنها نادراً ما تتهاجن لأن أحد النوعين يُلقَّح بالنحل الطنان والآخر بالطيور الطنانة.

يمكن أن تَعمل حواجر العزل بعد التزاوج أيضاً. فقد يخفق لقاح أحد أنواع النباتات في الإنبات على مدقة (*عضو تأنيث*) آخر. إن تكونت الأجنة المتشكلة فقد تموت قبل الميلاد، هذا ما يحدث عندما تُهجّن خروفاً مع معزاة. وإن عاش الهُجُن فقد يكونون عقيمين: المثال التقليدي هو البغل النشيط لكنه عقيم، نسل حصان ذكر وأنثى حمار. الأنواع التي تُنتِج هجناً عقيمين لا يمكنها تبادل الجينات بالتأكيد.

وبالتأكيد يمكن أن تعمل العديد من هذه الحواجز سوياً. لمعظم السنوات العشر الأخيرة، قد درست نوعين من ذباب الفاكهة الذي يعيش على الجزيرة البركانية الاستوائية **Sao Tome**، بعيداً عن الشاطئ الغربي لإفريقيا. النوعان معزولان إلى حد ما بالموطن: أحدهما يعيش على الجزء العلوي من البركان، والآخر عند القاعدة، رغم أن هناك بعض التلاقي في انتشارهم. لكنهم يختلفون أيضاً في استعراضات التودد، لذا حتى عندما يلتقون نادراً ما يتزاوج أعضاء النوعين. وعندما ينجحون في التزاوج فإن مني أحد النوعين رديء في تلقيح بييضات الآخر لذا يَنتُج نسلٌ قليل نسبياً. ونصف هذا النسل الهجين_كل الذكور_عقيم. واضعين كل هذه الحواجز سويةً، نستنتج أن النوعين لا يتبادلان الجينات فعلياً في الطبيعة، وقد أكدنا هذه النتيجة بتسلسلات أحماضهم النووية. من ثم، فهؤلاء يمكن اعتبارهم نوعين حيويين حقيقيين.

إن ميزة المفهوم علم الأحيائي للنوع هي أنه يراعي مشاكل كثيرة لا تستطيع مفاهيم الأنواع القائمة على الشكل التعامل معها. فما تكون هذه المجموعات المائهة من البعوض؟ إنهم أنواع مختلفة لأنهم لا يتبادلون الجينات؟ ماذا عن الإنيوئت والكونج؟ ربما لم تتزاوج هاتان المجموعتان السكانيتان مع بعضها البعض مباشرة (أشك أن مثل هذا التزاوج قد حدث قط)، لكن هناك جيناً كامناً يتدفق من مجموعة سكانية إلى الأخرى خلال المناطق الجغرافية الوسيطة، والشك قليل أنهم لو تزاوجوا سينتجون نسلاً عقيماً. والذكور والإناث أعضاء في نفس النوع لأن جيناهم تتحد عند التناسل.

طبقاً للمفهوم علم الأحيائي للنوع، النوع هو مجتمع تكاثري، حوض جيني. وهذا يعني أن النوع أيضاً مجتمع تطوري. فإن تطرأ "طفرة جيدة" ضمن النوع، كمثال طفرة في النمور تزيد نِتاج الإناث من الأشبال بنسبة ١٠%، من ثم سينتشر الجين المحتوي على الطفرة خلال نوع النمر. لكنه لن يذهب إلى حد أبعد من ذلك، لأن النمور لا تتبادل الجينات مع الأنواع الأخرى. من ثم، فإن النوع الحيوي هو وحدة تطورية، إنه _على مدى أوسع_الشيء الذي يتطور. هذا هو سبب كون أعضاء كل نوع عموماً يَبدون ويتصرفون على نحو متماثل جداً. لأنهم كلهم يتشاركون الجينات، فإنهم يستجيبون بنفس الطريقة للقوى التطورية. وإن افتقاد

التهجن بين الأنواع العائشة في نفس المنطقة ليس فقط يحافظ على اختلافات الأنواع في المظهر والسلوك، بل أيضاً يُمكِّنهم من الاستمرار في الاختلاف بلا حدود.

لكن المفهوم علم الأحيائي للنوع ليس مفهوماً مضمون النجاح في كل الحالات. فماذا عن الكائنات المنقرضة؟ يصعب اختبارهم بالنسبة إلى التوافق التناسلي. لذا يجب أن يلجأ القيمون على المتاحف وعلماء المتحجرات إلى مفاهيم النوع القائمة على الشكل التقليدية، وتصنيف المتحجرات والعينات بتشابههم الكلي. والكائنات المتكاثرة لا جنسياً_كالبكتريا وبعض الفطريات_لا تتلاءم مع معايير المفهوم علم الأحيائي للنوع أيضاً. فالسؤال عما يؤلِّف نوعاً في مثل هذه المجموعات معقد، ونحن لسنا متأكدين حتى أن الكائنات اللاجنسية تَشكِّل مجموعات منفصلة بالطريقة التي تقوم بها الكائنات الجنسية.

لكن رغم هذه المشاكل، يظل المفهوم علم الأحيائي للنوع هو الذي يفضله علماء التطور أثناء دراسة الاستنواع، لأنه يصيب قلب السؤال التطوري. تحت المفهوم علم الأحيائي للنوع إن استطعتَ تفسير كيفية نشوء الموانع التناسلية تكون قد فسرت أصل الأنواع.

هكذا بالضبط أنشأت هذه العوائق التناسلية علماء أحياء متحيرين لوقت طويل. أخيراً_حوالي عام ١٩٣٥م_بدأ علماء الأحياء تحقيق تقدم في كلٍ من العمل الحقلي والمعملي. إحدى أهم الملاحظات قِيم بها من قِبَل علماء التاريخ الطبيعي، الذين لاحظوا أن ما يُدعَى بـ "الأنواع الأخوات" _أي الأنواع التي هي الأوثق صلة ببعضها البعض_ تكون غالباً مفصولة في الطبيعة بحواجز جغرافية. فكمثال، توجد الأنواع الأخوات لقنافذ البحر على الجانبين المتقابلين لبرزخ بنما. تسكن الأنواع الأخوات لأسماك المياه العذبة غالباً في مصارف نهرية منفصلة. أيمكن أن يكون لهذا الانفصال الجغرافي دور في كيفية نشوء هذه الأنواع من سلف مشترك؟

نعم، هكذا أجاب علماء الوراثة والتاريخ الطبيعي، وآخراً اقترحوا كيفية جعل التأثيرات المتحدة للتطور والجغرافيا هذا يحدث. كيف يصير نوعٌ واحد منقسماً إلى اثنين، مفصولين بالموانع التناسلية؟ جادل **Mayr** بأن هذه الموانع هي ببساطة النتائج الجانبية للانتخاب الطبيعي أو الجنسي الذي يجعل المجموعات السكانية المعزولة جغرافياً تتطور في اتجاهات مختلفة.

كمثال، هب أن نوعاً سلفياً للنباتات المزهرة قد انقسم إلى قسمين بحاجز جغرافي، كسلسلة جبال. قد يكون النوع قد انتشر_على سبيل المثال_ عبر الجبال من خلال أمعاء الطيور. الآن تصور أن إحدى المجموعات السكانية تعيش في مكان به الكثير من الطيور الطنانة لكن نحل قليل فقط. في تلك المنطقة ستتطور الزهور لتجذب الطيور الطنانة كملقحين: على نحو نموذجي ستصير الزهور حمراء (لون تجده الطيور الطنانة جذاباً) منتجة رحيقاً وافراً (الذي يكافئ الطيورَ) ولها أنابيب عميقة (لتلائم مناقير وألسنة الطيور الطنانة الطويلة). قد تجد المجموعة السكانية على الجانب الآخر حالة ملقحها معكوسة: طيور طنانة قليلة لكن نحل كثير. هناك سوف تتطور الزهور لتجذب النحل: ربما تصير قرنفلية (لون يفضله النحل) وتُطوِّر أنابيب رحيق سطحية ذوات رحيق أقل (للنحل ألسنة قصيرة ولا يتطلب مكافأة رحيق كبيرة) وكذلك زهوراً أكثر تسطحاً تشكِّل أوراقها التويجية منصة هبوط (فبخلاف الطيور الطنانة المُحوِّمة، غالباً ما يحط النحل لجمع الرحيق). آخر المآل، ستختلف المجموعتان السكانيتان في شكل لون زهورهما وكمية رحيقهما، وكلٌ منهما سيتخصص في التلقح بنوعٍ واحد من الحيوانات. الآن تصور أن الحاجز الجغرافي قد زال، والمجموعتان المختلفتان حديثاً وجدتا أنفسهما مجدداً في نفس المنطقة، منطقة تحتوي كلاً من النحل والطيور الطنانة. سيصيران الآن معزولين تكاثرياً: كل نوع من الزهور سيلائم ملقحاً مختلفاً، وبالتالي لن تختلط جيناهما من خلال التلقيح التهجنيّ. سيصيران نوعين مختلفين. هذه في الحقيقة هي الطريقة المرجحة التي تنوعت بها زهور القرد التي درسناها سابقاً من سلفهم المشترك.

هذا فحسب نموذج واحد لإمكانية نشوء عازل تناسلي بالانتخاب (المتباعد أو المنفرج)، أي الانتخاب الذي يقود المجموعات السكانية المختلفة في اتجاهات تطورية مختلفة. يمكنك تصور سيناريوهات أخرى فيها تنقسم المجموعات السكانية المعزولة جغرافياً لدرجة أن لا يمكنها التهاجن لاحقاً. يمكن أن تَنشأ طفرات مختلفة مؤثرة على سلوكيات أو صفات الذكور في الأماكن المختلفة، مثلاً: ريش ذيلي أطول في إحدى المجموعات ولون برتقالي في أخرى. من ثم فقد يقود الانتخاب الجنسي المجموعات في اتجاهات مختلفة. آخر الأمر، ستفضِّل الإناث في إحدى المجموعات الذكور طوال الذيول، والإناث في الأخرى الذكور البرتقاليين. إن تلاقت المجموعتان لاحقاً فستمنعهم تفضيلاهم من خلط الجينات، وسيُعتبَرون نوعين مختلفين.

ماذا عن الهُجُن العقيمين والغير قادرين على الحياة؟ كانت هذه معضلة كبيرة لعلماء التطور الأوائل، الذين كان لديهم مشكلة في رؤية كيفية إنتاج الانتخاب الطبيعي مثل تلك الصفات سيئة التكيف والمخرِّبة على نحو واضح. لكن افتُرِض أن هذه الصفات لم تُختَر مباشرةً، بل كانت ببساطة نتائج جانبية عارضة للاختلاف

الجيني، الاختلاف المسبَّب بالانتخاب الطبيعي أو الانجراف الجيني. إن تطورت مجموعتان معزولتان جغرافياً بالتوازي بطريقتين مختلفتين على نحو طويل كفاية، يمكن أن يصبح جينوماهما مختلفين جداً، إلى حد أنه عندما يوضعان سوياً في هُجُنٍ فهما لا يعملان معاً على نحو جيد تماماً. هذا قد يوقع الفوضى في التطور الجنيني، جاعلاً الهجنَ إما أن تموت خدجاً، أو لو عاشوا يتضح أنهم عقيمون.

من الهام أن ندرك أن الأنواع لا تنشأ لغرضٍ_كما اعتقد دارون_ملأ الكوات الفارغة في الطبيعة. ليس يوجد أنواع مختلفة لأن الطبيعة تحتاجهم على نحوٍ ما. بعيداً عن هذا، فإن دراسة الاستنواع تُعلّمنا أن الأنواع هي حوادث تطورية. المجموعات بهذه الأهمية بالنسبة إلى التنوع الحيوي ليس لأنها تنشأ لتزيد ذلك التنوع، ولا لأنها تنشأ لتجعل الأنظمة البيئية متوازنة. بل إنها ببساطة النتيجة الحتمية للحواجز الجينية التي تنشأ عندما تتطور المجموعات السكانية المعزولة مكانياً في اتجاهات مختلفة.

في العديد من النواحي يشابه الاستنواع الحيوي "استنواعَ" لغتين وثيقتي الصلة من سلف مشترك (كمثالٍ الجرمانية والإنجليزية، وهما "لغتان أختان"). فكالأنواع، يمكن للغات أن تختلف في المجموعات السكانية المعزولة التي تشاركت قديماً لساناً سلفياً. وتتغير اللغات بسرعة أكثر حينما يكون هناك اختلاط أقل للأفراد من المجموعتين السكانيتين المختلفتين. وبينما تتغير المجموعات السكانية جينياً من خلال الانتخاب الطبيعي (وأحياناً الانجراف الجيني)، فإن اللغات البشرية تتغير بالانتخاب اللغوي (تُختـرَع الكلمات الجذابة أو المفيدة) والانجراف اللغوي (تتغير الألفاظ بسبب التقليد والانتقال الثقافي). خلال الاستنواع الحيوي تتغير المجموعات السكانية جينياً إلى الحد الأقصى لدرجة أن أعضاءها لا يتعرفون على بعضهم البعض كعشراء من بَعْدُ، أو لا يمكن لجيناهم الاتحاد لإنتاج فرد خصيب. على نحو مماثل، يمكن للغات أن تختلف إلى الحد الأقصى بحيث تصبح غير مفهومة على نحو متبادل. فمتحدثو الإنجليزية لا يفهمون الجرمانية آلياً والعكس صحيح. اللغات كالأنواع الحيوية في أنها توجد في مجموعات منفصلة بدلاً من سلسلة متوالية، فكلام أي شخص يمكن عادةً أن يُصنَّف على نحو واضح في إحدى العدة آلاف لغات بشرية. يمضي التشابه إلى مدى أبعد حتى. فيمكن تتبع تطور اللغات عودةً إلى الماضي البعيد، وتُصاغ شجرة عائلة، بتصنيف تشابهات الكلمات والقواعد. هذا مشابه جداً لإعادة إنشاء شجرة تطورية للكائنات من قراءة شفرة الحمض النووي لجيناهم. يمكننا أيضاً إعادة إنشاء اللغات الأولية، أو الألسنة السلفية، بالنظر إلى الصفات التي لدى اللغات المتحدرة على نحو مشترك. هذه هي بالضبط الطريقة التي يتنبأ بها علماء الأحياء بكيفية ما هي عليه الحلقات المفقودة أو الجينات السلفية. وأصل اللغات عَرَضي: فالناس لا يبدؤون الحديث بألسنة مختلفة لمجرد أن يكونوا مختلفين. تتشكل اللغات

الجديدة_كالأنواع الجديدة_كنتائج عرضية لعمليات أخرى، كما في تحول اللاتينية إلى الإيطالية في إيطاليا. وُصِفَت التناظرات بين الاستنواع واللغات أول مرة من قِبَل_ومَن غيرُه؟_دارون، في أصل الأنواع.

لكن لا يجب أن ندفع بهذا التناظر أبعد مما يجب. فبخلاف الأنواع، يمكن للغات "التلقح التهاجني"، متبنية كلمات من بعضها البعض، كاستعمال الإنجليزية لكلمات جرمانية مثل **angst and kindergarten**. يصف **Steven Pinker** تشابهات مدهشة أخرى واختلافات بين تنوع اللغات والأنواع في كتابه الفاتن (غريزة اللغة).

فكرة الانعزال الجغرافي في أول خطوة دُعِيت في كتاب أصل الأنواع بنظرية الاستنواع الجغرافي. يمكن عرض النظرية ببساطة: تطوُر الانعزال الوراثي بين المجموعات السكانية يتطلب أن يكونوا منعزلين جغرافياً أولاً. لماذا الانعزال الجغرافي بهذه الأهمية؟ لماذا لا يمكن أن ينشأ نوعان جديدان في نفس الموقع فحسب كسلفهم المشترك؟ تُعلِمنا نظرية وراثة المجموعات السكانية_والعديد من التجارب المختبرية_أن انشقاق مجموعة سكانية مفردة إلى جزئين معزولين وراثياً صعب جداً إن احتفظوا بفرصة التهجن. فبدون الانعزال، سيواجه الانتخاب الذي يقود المجموعات السكانية بعيداً عن بعضها البعض التهجن الذي يوحد الأفراد باستمرار ويخلط جيناتهم. تصور حشرة تعيش في الخشب التي تَأوي إلى نوعين من النباتات اللذين يمكنها التغذي عليهما. كل نبات يتطلب مجموعة مختلفة من التكيفات لاستعماله، لأن لها سموماً **toxins** مختلفة، ومواداً مغذية مختلفة، وروائح مختلفة. لكن عندما تبدأ كل مجموعة من الحشرات في المنطقة في التكيف مع نبات، فهي أيضاً تتزاوج مع الحشرات المتكيفة مع النبات الآخر. سيمنع هذا التمازجُ المتواصل الحوضَ الجيني من الانشقاق إلى نوعين. ما سيصير الأمر إليه على الأرجح هو فقط نوع "عامّ" يستخدم كلا النباتين. الاستنواع كفصل الزيت عن الخل: رغم الكدح لفصلهما، لن ينفصلا لو استُمِر في خلطهما باستمرار.

ما هو الدليل على الاستنواع الجغرافي؟ ما نسأل عنه هنا ليس ما إذا الاستنواع يحدث، بل كيف. فنحن نعلم فعلياً من سجل المتحجرات، وعلم الأجنة، ومعطيات أخرى أن الأنواع تنقسم من أسلاف مشتركة. ما نريد حقاً رؤيته هو مجموعات سكانية معزولة جغرافياً تتحول إلى أنواع جديدة. هذه ليست مهمة سهلة، فقبل كل اعتبار آخر، الاستنواع في الكائنات غير البكتريا عادةً بطيء، أبطأ بكثير من انشقاق اللغات. زميلي **Allenorr** وأنا قدَّرنا أن بدءً من سلفٍ واحد، يتطلب الأمر ما بين مئة ألف وخمسة ملايين سنة لتطور متحدرين معزولين تكاثرياً. تعني السرعة البطيئة للاستنواع أننا_مع استثناآت قليلة_لا يمكننا توقع أن نشهد

كل العملية، أو حتى جزءً صغيراً منها، خلال عمر بشر. لدراسة كيفية تكون الأنواع يجب أن نلجأ إلى وسائل غير مباشرة، وهي التنبؤات الاختبارية المستنتجة من نظرية الاستنواع الجغرافي.

أول تنبؤ هو أن لو كان الاستنواع يعتمد على نحو كبير على الانعزال الجغرافي، فلابد أن كان هناك الكثير من الفرص خلال تاريخ الحياة للمجموعات السكانية لتمر بذلك الانعزال. فبالنهاية، هناك ملايين الأنواع على الأرض اليوم. لكن الانعزال الجغرافي شائع، تبرز سلاسل الجبال، وتنتشر الأنهار الجليدية، وتتكون الصحارى، وتنجرف القارات، ويشق الجفاف الغابة المتصلة إلى قطع تفصل بينها الأراضي العشبية. كل مرة يحدث هذا تكون هناك فرصة للنوع ليُقسَم إلى مجموعتين سكانيتين أو أكثر. عندما تشكل برزخ بنما منذ حوالي ثلاثة ملايين سنة ماضية، فصلت الأرض الظاهرة مجموعات سكانية من الكائنات البحرية على كلا الجانبين، وهي الكائنات التي تنتمي أصلاً إلى نفس الأنواع. حتى نهر يمكن أن يعمل كحاجز جغرافي لطيور كثيرة من التي لا تحب الطيران فوق الماء.

إلا أن المجموعات السكانية لا يستلزمها أن تصير معزولة بتشكل الحواجز الجغرافية. فهي يمكن ببساطة أن تنفصل بالانتشار بعيد المسافة العَرَضيّ. هب أن أفراداً قلائل منفلتين_أو حتى أنثى واحدة حبلى_مضت شاردة وأتمت استعمار شاطئ بعيد. من بعد ذلك ستتطور المستعمرة في عزلة عن أسلافها القاريين. هذا تماماً ما يحدث على الجزر المحيطية. إن فرص هذا النوع من الانعزال من خلال الانتشار أعظم بكثير على الأرخبيلات، حيث يمكن للأفراد أحياناً أن يترحلوا بين الجزر المتجاورة، كل مرة يصيرون معزولين جغرافياً. كل دورة من الانعزال تمد بفرصة أخرى للاستنواع. هذا سبب كون الأرخبيلات تُؤوي التشعبات الشهيرة للأنواع وثيقة الصلة، مثل ذباب الفاكهة بهاواي، وسحالي **Anolis** بالكاريبي، وبراقش الجالاباجوس.

إذن هناك فرصة وافرة للاستنواع الجغرافي، لكن هل كان هناك وقت كاف؟ هذا_أيضاً_ليس مشكلة، فالاستنواع هو حدث فاصل، فيه ينفصل كل فرع سلفي إلى غصنين، والذين ًهما أنفسهما ينشقان لاحقاً، وهلم جراً كما تتشعب شجرة الحياة. هذا يعني أن عدد الأنواع يزداد أسياً، رغم أن بعض الفروع تُشذَّب من خلال الانقراض. ما مدى السرعة التي يحتاجها الاستنواع لتفسير التنوع الحالي؟ لقد قُدِّر أن هناك عشرة ملايين نوع على الأرض اليوم. فلنُزِد ذلك التقدير إلى مئة مليون لنأخذ في الحسبان الأنواع غير المكتشفة. يتضح أنه لو بدأت بنوع وحيد منذ ٣,٥ مليار عام، يمكنك الحصول على مئة مليون نوع حي اليوم حتى لو كان كل نوع سلفي ينشق إلى متحدرين فقط مرة كل مئتي مليون سنة.كما قد رأينا، فإن الاستنواع واقعاً

يحدث أسرع بكثير من ذلك، لذا فحتى لو أخذنا في الحسبان الأنواع الكثيرة التي نشأت لكن انقرضت، فـإن الوقت ببساطة ليس مشكلة.[٣٨] (نموذج لشجرة حياة مبسطة في ملحق الصور برقم ٢٤–المترجم)

ماذا عن الفكرة الخطرة الأهمية بأن الحواجز التكاثرية هي النتيجة الجانبية للـتغير التطـوري؟ ذلـك_علـى الأقل_يمكن أن يُختبَر في المختبر. يقوم علماء الأحياء بعمل تجارب انتخابية، مجبرين الحيوانات أو النباتات على التكيف من خلال التطور مع بيئات مختلفة. هذا نموذج لما يحدث عندما تواجه المجموعات الطبيعيـة المعزولـة مواطن مختلفة. بعد فترة من التكيف، تُختبَر "المجموعات السكانية" لرؤية ما إذا طوروا حواجز تناسلية. بمـا أن هذه التجارب تحدث خلال عشرات الدستات من الأجيال، بينما الاستنواع في البرية يستغرق آلاف الأجيال، لا يمكننا توقع رؤية نشوء نوع كامل. إلا أننا ينبغي أن نرى أحياناً بدايات الانعزال التكاثري.

على نحو مذهل، حتى هذه التجارب قصيرة المدة غالباً ما تُحدِث فعلاً حواجز جينية. أكثر من نصف هـذه الدراسات (حوالي عشرين منها، كلها عُمِلت على الذباب لأجل عمر أجيالهم القصير) أعطت نتيجة إيجابيـة، عادةً مظهرة انعزالاً تكاثرياً بين المجموعات السكانية خلال سنة بعد بدء الانتخاب. في أغلب الأحيان، يـؤدي التكيف مع "البيئات" المختلفة (على سبيل المثال، الأنواع المختلفة من الطعام، أو القدرة على الصعود مقابـل النزول في متاهة عمودية) إلى التمييز التزاوجي بين المجموعات السكانية. لسنا متأكدين تحديـداً أي صـفات تستعملها المجموعات السكانية لتمييز بعضهم عن بعض، لكن تطور الحواجز الجينية في وقت قصير كهذا يؤكِّد تنبؤً رئيسياً للاستنواع الجغرافي.

التنبؤ الثاني للنظرية يتضمن الجغرافيا نفسها. إن كانت المجموعات السكانية يجب عادةً أن تنعزل مادياً بعـضها عن الآخر لتصير أنواعاً، فمن ثم يجب أن نجد أحدث الأنواع المتكونة في مناطق مختلفة لكن متجاورة. يمكنـك الحصول على فكرة تقريبية عن منذ متى نشأت أنواع بالنظر إلى كمية الاختلاف بين تسلـسلات أحماضـهم النووية والتي تتناسب تقريباً مع الوقت المنقضي منذ انفصلوا من سلف مشترك. يمكننا من ثم النظر إلى الأنواع "الأخوات" في مجموعة، الذين لهم التشابه الأعظم في أحماضهم النووية (وهم بالتالي أكثر قرابة وثيقة) ورؤية ما إذا يكونون معزولين جغرافياً.

هذه النبوءة_أيضاً_محققة: فإننا نرى الكثير من الأنواع الأخوات مُقسَّمين بحاجز جغرافي. علـى سـبيل المثال، فإن كل جانب من مضيق بنما يأوي سبعة أنواع من الجمبري المطقطِق في المياه الضحلة. القريب الوثيق

لكل نوع هو نوع آخر على الجانب الآخر. ما ينبغي أنه قد حدث أن سبعة أنواع سلفية من الجمبري قد قُسِّمَت عندما برز البرزخ من تحت البحر منذ ثلاثة ملايين سنة ماضية. كوَّنَ كل سلف نوعاً أطلسياً وآخر هادئياً. (على ذكر الشيء، فإن الجمبري المطقطق معجزة حيوية. يأتي اسمه من الطريقة التي يقتل بها. لا يلمس هذا الجمبري فريسته، بل بطقطقة مخلبه بالغ الضخامة الوحيد ببعضه يُكوِّن انفجاراً صوتياً عالي الضغط يدوِّخ ضحيته. يمكن أن تكون مجموعات كبيرة من هذا الجمبري مزعجة جداً لدرجة أن تشوش سونار الغواصات).

نفس الأمر ينطبق على النباتات. يمكنك أن تجد أزواجاً من الأنواع الأخوات من النباتات المزهرة في شرقي آسيا وشرقي أمركا الشمالية. يعلم كل علماء النبات أن هاتين المنطقتين لهما حياة نباتية متشابهة، تتضمن الكرنب المُنتِن (نبات مستنقعي) وشجرة التوليب والمغنولية. كشفت إحدى المسحات للنباتات عن تسعة أزواج من الأنواع الأخوات، تتضمن المتسلقة البوقية وأشجار القرانيا وتفاح مايو (ثمر بيضوي الشكل يؤكَل لكن بذوره سامة)، كل زوج له نوع في آسيا وقريبه الوثيق في أمركا الشمالية. وضع علماء النبات نظرية أن كل من الأزواج التسعة كان من قبل نوعاً واحداً منتشراً بتواصل عبر كلا القارتين، لكن هؤلاء صاروا معزولين جغرافياً (وبدؤوا في التطور باستقلال) عندما صار الطقس أبرد وأجف منذ حوالي خمسة ملايين سنة ماضية، مدمراً الغابات المتخللة. على نحو مؤكد كفاية، يضع التأريخ المعتمد على الحمض النووي لهذه الأزواج التسع أزمنة اختلافهم منذ خمسة ملايين سنة.

الأرخبيلات هي أماكن جيدة لكشف ما إذا يتطلب الاستنواع انعزالاً مادياً. إن كانت مجموعة قد أنتجت أنواعاً خلال مجموعة من الجزر، من ثم يجب أن نجد الأقارب الوثيقين يعيشون على جزر مختلفة بدلاً من نفس الجزيرة. (تكون الجزيرة الواحدة عادةً أصغر من أن تسمح بالانفصال الجغرافي للمجموعات السكانية أي أول خطوة في الاستنواع. من جهة أخرى، فإن الجزر المختلفة معزولة بالماء، وينبغي أنها تسمح بنشوء الأنواع الجديدة بسهولة). يتضح أن هذا التنبؤ أيضاً صحيح عموماً. فكمثال، في أرخبيل هاواي تشغل الأنواع الأخوات لذباب الدروسوفيلا عادةً جزراً مختلفة، هذا أيضاً صحيح بالنسبة لحشرات صرَّار الليل غير الطائرة ونباتات اللوبيا. ما هو أكثر من ذلك، أن تواريخ أحداث الاستنواع في الدروسوفيلا قد حُدِّد باستعمال الأحماض النووية للذباب، وقد وجدنا_كما قد تُنُبِّأ بالضبط_أن أقدم الأنواع توجد على أقدم الجزر.

يظل هناك تنبؤ آخر لنموذج الاستنواع الجغرافي يرتكز على الافتراض المعقول بأن الاستنواع الجغرافي لا يزال يحدث في الطبيعة. إن يكن ذلك هكذا، فينبغي أن نكون قادرين على إيجاد مجموعات سكانية معزولة

لنوع واحد بدأت في الاستنواع، وتُظهِر مقادير قليلة من الانعزال التكاثري عن المجموعات السكانية الأخرى. وعلى نحو مؤكد كفاية، هناك الكثير من الأمثلة. أحدها هو الأوركيد (من فصيلة الأوركيدات أو السحلبيات) **Satyrium hallackii**، الذي يعيش في جنوب إفريقيا. في الأجزاء الشمالية والشرقية من البلد يُلقَّح من قبل العثة الصقرية (عثة كبيرة الحجم) والذباب طويل اللسان. لجذب هذين الملقحين، قد طور الأوركيد قنوات رحيق طويلة في زهوره، يمكن أن يَحدث التلقيح فقط عندما يقترب العث والذاب طويلي اللسان كفاية من الزهرة للصق ألسنتهم بالقنوات. لكن في المناطق الساحلية، الملقحون الوحيدون هم النحل قصير اللسان، وهنا طور الأوركيد قنوات رحيق أكثر قصراً. لو عاشت المجموعتان السكانيتان في منطقة تحتوي على كل الأنواع الثلاثة من الملقحين، لأظهرت الأزهار طويلة وقصيرة القنوات بلا شك بعض الانعزال التكاثري، لأن الأنواع طويلة اللسان لا يمكنها تلقيح الزهور قصيرة القنوات بسهولة، والعكس صحيح. وهناك أمثلة كثيرة لأنواع الحيوانات التي يتزاوج فيها الأفراد من المجموعات السكانية المختلفة بسهولة أقل مما يفعل الأفراد من نفس المجموعة.

هناك تنبؤ أخير يمكننا عمله لاختبار الاستنواع الجغرافي: ينبغي أن نجد أن الانعزال التكاثري بين زوج من المجموعات السكانية المعزولة مادياً يزداد ببطء مع الزمن. اختبر زميلي **Allenorr** وأنا هذا بالنظر إلى الكثير من أزواج الدروسوفيلا، كل زوج فد انفصل عن سلفهما المشترك في أزمنة مختلفة في الماضي. (باستعمال وسيلة الساعة الجزيئية الموصوفة في الفصل الرابع، يمكننا تقدير وقت بدء انفصال زوج من الأنواع بحساب عدد الاختلافات في تسلسلات أحماضهما النووية). لقد قسنا ثلاثة أنواع من الحواجز التناسلية في المختبر: التمييز التزاوجي بين الأزواج، والعقم، وعدم قدرة الهجن على العيش أو النمو بصورة سليمة. تماماً كما تُنُبِّئَ، وجدنا أن الانعزال التكاثري بين الأنواع يزداد بثبات مع الزمن. تصير الحواجز الجينية بين المجموعات قوية كفاية لتمنع تماماً التزاوج بينها بعد حوالي ٢,٧ مليون سنة من الانشقاق. ذلك زمن طويل. من الواضح_على الأقل في ذباب الفاكهة_أن نشوء الأنواع الجديدة عملية بطيئة.

الطريقة التي اكتشفنا بها كيفية نشوء الأنواع تشابه الطريقة التي اكتشف بها الفلكيون كيفية "تطور" النجوم خلال الزمن. كلا العمليتين تحدثان ببطء جداً عن أن نراهما تحدثان خلال أعمارنا. لكننا لا نزال يمكننا فهم كيفية عملهما بالعثور على لقطات من العملية عند مراحل تطورية مختلفة ووضع هذه اللقطات سوياً في فلم تصوري. بالنسبة إلى النجوم، رأى الفلكيون سحباً منتثرة من المادة "حضانات النجوم" في المجرات. في مكان آخر شاهدوا هذه السحب تتكثف إلى نجوم أولية. وفي أماكن أخرى شاهدوا النجوم الأولية تصير نجوماً

كاملة، متكثفةً أكثر ومن ثم مولِّدة ضوءً عندما تصير حرارة اللب عالية كفاية لـدمج ذرات الهيـدروجين إلى هليوم. نجوم أخر تكون (عمالقة حمر) كـ Betelgeuse، والبعض تُظهِر علامات إلقاء طبقاها الخارجية إلى الفضاء، والبعض ما زالت صغيرة: أقزام بيضاء كثيفة. بتركيب كل هذه المراحل في تسلسل عقلاني، قائم على ما نعرفه عن بنيواها الفيزيائية والكيميائية وسلوكها، قد أمكننا تركيب كيفية تكـون النجـوم واسـتمرارها وموهًا. من خلال صورة التطور النجمي هذه، يمكننا القيام بتنبؤات. فعلى سبيل المثال، نعلم أن النجوم القريبة لحجم شمسنا تشع بثبات لحوالي عشرة مليارات سنة قبل أن تنتفخ لتشكِّل الأقزام الحمراء. حيث أن الـشمس عمرها حوالي ٤,٦ مليار سنة، فإننا نعلم أننا في منتصف مدتنا ككوكب تقريباً قبل أن نُبْتلَع آخرَ الأمر بتمدد الشمس.

ونفس الحال مع الاستنواع. فنحن نرى مجموعات سكانية معزولة جغرافياً تمضي في سلسلة كاملة من الغـير مُظهِرين انعزالاً تكاثرياً، إلى ذوي الدرجات المتزادية من الانعزال التكاثري (عندما تصير المجموعات السكانية معزولة لفترات طويلة)، وآخراً الاستنواع الكامل. إننا نـرى الأنـواع الأحـدث_متحـدرة مـن سـلف مشترك_على كلا جانبي حواجز جغرافية كالأنهار أو برزخ بنما، وعلى الجزر المختلفة لأرخبيل. عندما نجمـع كل هذا سوياً، نستنتج أن المجموعات السكانية المعزولة تختلف، وأنه عندما يستمر هذا الاختلاف لفترة طويلة على نحو كافٍ تنشأ الحواجز التكاثرية كنتيجة جانبية للتطور.

كثيراً ما يزعم الخلقيون أننا إن نكن لا نستطيع رؤية نشوء نوع جديد خلال حياتنا، فمن ثم فالاستنواع لا يحدث. لكن هذا الجدل سخيف. إنه كالقول بأن لأننا لم نرَ نجماً واحداً يمضي عبر دورة حياته الكاملـة فـإن النجوم لا تنشأ، أو لأننا لم نرَ نشوء لغة جديدة فإن اللغات لا تنشأ. إن إعادة البناء التاريخية لعملية هي سـبيل صالح تماماً لدراسة تلك العملية، ويمكنها إنتاج تنبؤات قابلة للاختبار.[٣٩] يمكننا التنبؤ بأن الشمس سـتبدأ في النفاد في حوالي خمسة مليارات سنة، تماماً كما يمكننا التنبؤ بأن المجموعات السكانية المعزولة المنتخَبة اصـطناعياً في اتجاهات مختلفة ستصير معزولة جينياً.

يقبل معظم علماء التطور أن الانعزال الجغرافي للمجموعات السكانية هو السبيل الأكثر شـيوعاً لحـدوث الاستنواع. هذا يعني أنه عندما يعيش نوعان وثيقا الصلة في نفس المنطقة_أي: وضع مشترك_فهمـا حقيقـةً اختلفا عن بعضهما الآخر أثناء زمن أقدم عندما كان أسلافهما معزولين جغرافياً. إلا أن بعض علماء الأحيـاء يعتقدون أنه يمكن لنوع أن ينقسم إلى اثنين دون حاجة لأي انفصال جغرافي. فكمثال، في (أصـل الأنـواع)

اقترح دارون على نحو متكرر أن الأنواع الجديدة_خاصة النباتات_يمكن أن تنشأ ضمن منطقة صغيرة جداً محددة. ومنذ عهد دارون، قد تجادل علماء الأحياء باحتدام في إمكانية حدوث الاستنواع دون حواجز جغرافية (هذا يُدعى بالاستنواع شاغل نفس المنطقة Sympatric Speciation، من اللفظة اليونانية التي تعني "نفس المكان"). المشكلة في هذا_كما أشرت من قبل_أنه من العسير انفصال حوض جيني واحد إلى اثنين بينما يظل أفراده في نفس المنطقة، لأن التزاوج بين الأشكال المختلفة سيبقيهم باستمرار نوعاً واحداً. تُظهِر النظريات الرياضية أن الاستنواع شاغل نفس المنطقة ممكن، لكن فقط تحت ظروف تقييدية لعلها غير شائعة في الطبيعة.

إنه سهل نسبياً إيجاد أدلة على الاستنواع الجغرافي، لكن هذا أصعب بكثير بالنسبة إلى الاستنواع شاغل نفس المنطقة. لو رأيت نوعان مترابطا القرابة يعيشان في منطقة واحدة، فهذا لا يعني بالضرورة أنهما قد نشآ في تلك المنطقة. تُغيِّر الأنواعُ باستمرار نطاقاها عندما تتوسع وتتقلص مواطنها خلال التغيرات طويلة الأمد في المناخ، وفترات التجمد، وما إلى ذلك. قد تكون الأنواع المترابطة الصلة العائشة في نفس المكان قد نشأت في أماكن أخرى وتلاقيا مع بعضهم الآخر لاحقاً فقط. إذن، كيف يمكننا أن نكون متأكدين أن نوعين مرتبطي الصلة يعيشان في مكان واحد قد نشآ حقيقةً في ذلك المكان؟

هاكم إحدى الطرق لعمل ذلك، يمكننا النظر إلى المواطن المعزولة: أي رقع صغيرة من اليابس المعزول (كالجزر المحيطية) أو الماء (كالبحيرات الصغيرة) التي هي عامة أصغر من أن تحتوي أي حواجز جغرافية. لو رأينا أنواعاً وثيقة الصلة في هذه المواطن يمكننا استنتاج أنها تكونت في نفس المنطقة، حيث أن احتمال الانعزال الجغرافي مستبعَد.

هناك فقط أمثلة قليلة. أفضلها هو سمك cichlid في بحيرتين صغيرتين في الكاميرون. هاتان البحيرتان الأفريقيتان المعزولتان_شاغلتين فوهتي بركانين_أصغر من أن تسمحا للمجموعات السكانية ضمنهما أن تصير معزولة مكانياً (مساحتهما ٢,٠ و١,٦ ميلاً مربعاً على التوالي). ومع ذلك، فكل بحيرة تحتوي تشعباً صغيراً مختلفاً للأنواع، كلٌ ينحدر حديثاً من سلف مشترك: فإحدى البحيرات لها ١١ نوعاً، والأخرى تسعة. هذا لعله أفضل دليل لدينا على الاستنواع شاغل نفس المنطقة، رغم أننا لا نعلم كيف ولا لماذا قد حدث.

وهناك حالة أخرى تتضمن أشجار النخل على جزيرة Lord Howe، وهي جزيرة محيطيـــة تقـــع في بحـــر تزمان Tasman على بعد حوالي ٣٥٠ ميلاً شرقي ساحل أستراليا. فرغم أن الجزيرة صغيرة_حوالي خمسمئة ميلاً مربعاً_إلا أنها تحتوي نوعين متوطنين من النخيل، هما نخيل الــ Kentia والنخيل المجعد، والحادث أن كلاً منهما أوثق قريب إلى الآخر. (لعل نخيل الكنتيا مألوف، فهو نبات منزلي ذو شعبية عبر العالم). يتضح أن هذين قد نشآ من نخل سلفي عاش على الجزيرة منذ حوالي خمسة ملايين سنة ماضية. احتمال أن هـــذا الاســـتنواع تضمن انعزالاً جغرافياً يبدو ضئيلاً تماماً، خاصة لأن النخيل يُلقَّح بالرياح التي يمكنها نشر اللقاح عبر منطقـــة واسعة.

هناك أمثلة قليلة أخرى للاستنواع الشاغل نفس المنطقة، رغم أنها ليست مقنعة كهـــذه. مـــا هـــو أكثـــر إدهاشاً_رغم ذلك_هو عدد المرات التي لم يحدث فيها الاستنواع شاغل نفس المنطقـــة رغـــم كونـــه ممنـــوح الفرصة. فهناك الكثير من المواطن المعزولة التي تحتوي عدداً جيداً من الأنواع، لكن لا أحد منها أوثق قريـــب للآخر. على نحو واضح، لم يحدث الاستنواع شاغل نفس المنطقة في تلك المـــواطن المعزولـــة. عـــاين زميلـــي Tevor Price وأنا أنواع الطيور على الجزر المحيطية، باحثين عن وجود أقارب لصيقين لـــو وُجِـــدوا علـــى الاستنواع. من ٤٦ جزيرة فحصناها، لا واحدة احتوت أنواع طيور متوطنة كلٌ منها أقرب قريـــب للآخـــر. نتيجة مماثلة شوهِدت في سحالي الــ Anolis، الحيوانات الخضراء الصغيرة التي عادة مـــا تبـــاع في محـــلات الحيوانات الأليفة. لا توجد أنواع الأنوليس وثيقة الصلة ببساطة على جزر أصغر من جامايكا، التي هي متسعة وجبلية ومتنوعة كفاية لتسمح بالاستنواع الجغرافي. غياب الأنواع الأخوات علـــى هـــذه الجـــزر يُظهِـــر أن الاستنواع شاغل نفس المنطقة لا يمكن أن يكون شائعاً في هذه المجموعات. هذا أيضاً يُعدّ دليلاً ضد الخلقيـــة. فبالنهاية، ليس هناك سبب واضح لأن ينتج خالقٌ أنواعاً متشابهة من الطيور أو السحالي على القـــارات لكـــن ليس على الجزر المعزولة. (أعني بــ"متشابهة" متشابهة جداً إلى حد أن يعتبرها علماء التطور أقارب لصيقين. لا يقبل معظم الخلقيين الأنواع كـــ"أقارب"، بما أن ذلك يستلزم التطور). إن ندرة الاستنواع شاغل نفس المنطقة هو تماماً ما تتنبأ به نظرية التطور، وهو دعم إضافي لتلك النظرية.

ورغم ذلك، هناك شكلان خاصان من الاستنواع شاغل نفس المكان ليسا فقط شائعين في النباتـــات، بـــل أيضاً يعطياننا الحالات الوحيدة لدينا لـــ (الاستنواع عاملاً): أنواع تتكون حقاً خلال عمر إنـــسان. أحـــدهما يدعى الاستنواع تعددي الصبغيات المتباين. الشيء الغريب بشأن هذا الشكل من الاستنواع هو أنه بدلاً مـــن البدء بمجموعات معزولة من نفس النوع، فإنه يبدأ بتهجين نوعين مختلفين يعيشان في نفـــس المنطقـــة. وهـــذا

يقتضي عادة أن ذينك النوعين المختلفين لديهما أيضاً أعداد أو أنماط مختلفة من الكروموسومات *(الصبغيات)*. بسبب هذا الاختلاف فإن هجيناً بين النوعين لن يجتاز اقتران الكروموسومات السليم عندما يحاول عمل لقاح أو البذيرات الجرثومية (ovules تركيب صغير في بذور النبات يحتوي على الكيس الجنيني ومحاط بجزء البييضة المركزي الذي يكتنف الكيس الجنيني يتطور إلى بذرة بعد عملية الإخصاب)، وسيكون عقيماً. رغم ذلك، لو كان هناك سبيل لمضاعفة كل كروموسوم في ذلك الهجين، فكل كروموسوم سيكون حينئذ له زوجٌ مقترن والهجين مضاعف الكروموسومات سيكون خصيباً. وسيكون أيضاً نوعاً جديداً، لأنه بينما يتخاصب داخلياً مع الهجن المشابهة الأخرى، لن يكون قادراً على التزاوج مع أيٍ من النوعين الأصليين الأبوين، لأن تزاوجاً كهذا سيُنتِج نسلاً عقيماً ذا عدد غريب من الكروموسومات. في الحقيقة فإن مثل هذه المتباينات عدد الكروموسومات (مضاعفة الكروموسومات) تظهر بانتظام، مسببة نشوء الأنواع الجديدة.[٤٠]

لا يتطلب دوماً الاستنواع تعددي الصبغيات المتباين تهجيناً. يمكن أن ينشأ متعدد الصبغيات المتباين ببساطة بمضاعفة كل الكروموسومات لنوعٍ واحد، وهي عملية تعرف بتعدد الصبغيات الذاتي. هذا يُنتج أيضاً نوعاً جديداً، لأن كل متعدد كروموسومات ذاتياً قادر على إنتاج هجن خصبة عند التزاوج مع متعددات كروموسومات ذاتياً أخرى، لكن يُنتِج فقط هجناً عقيمة عند التزاوج مع النوع الأبوي الأصلي.

للحصول على أي نمطي الاستنواع تعددي الصبغيات المتباين، يستلزم حدوث حدث نادر في جيلين ناجحين: تكوُّن واتحاد اللقاح والبييضات ذوات عدد الكروموسومات العالي على نحو شاذ. بسبب هذا، لعلك قد حسبت أن مثل هذا الاستنواع سيكون نادراً جداً في الواقع. لكنه ليس كذلك. مُسلِّمين بأن نباتاً واحداً يمكنه إنتاج ملايين البييضات وحبوب اللقاح، يصير الحدث المستحيل آخر الأمر ممكناً. تتفاوت التقديرات، لكن في المناطق المدروسة جيداً من العالم قد قُدِّر أن بحدود ربع كل النباتات المزهرة قد تكونت من خلال تعدد الصبغيات المتباين. وهي جزء من الأنواع الموجودة التي كان لها حدث متعدد الصبغيات متباين في مكان ما في أسلافها، على الجانب الآخر، يمكن أن يكون بارتفاع ٧٠%. هذا سبيل شائع على نحو جليّ لنشوء نوع نباتي جديد. ما هو أكثر من ذلك، أننا نجد الأنواع متعددة الصبغيات المتباينة في كل مجموعات النباتات تقريباً (الاستثناء الجدير بالذكر هو الأشجار). والكثير من النباتات المستعملة للطعام أو الزينة هي متباينة تعدد الصبغيات أو هجن عقيمة لها آباء متباينو تعدد الصبغيات، بما في ذلك القمح والقطن والكرنب وزهور الأقحوان والموز. هذا لأن البشر أدركوا أن الهجن في الطبيعة حائزين صفات مفيدة من كلا النوعين الأبويين، أو أنهم أَنتَجوا عمداً متباينات تعدد الصبغيات لتكوين اتحادات وراثية مرغوبة. يُظهِر مثالان من مطبخك هذا.

الكثير من أنواع القمح لها ست مجموعات من الكروموسومات، ناشئة عن سلسلة معقدة من التهجينات، تتضمن ثلاثة أنواع مختلفة، عُمِلَت من قِبَل أسلافنا. الموز التجاريّ هو هجن عقيمة بين نوعين بريين، له مجموعتان من الكروموسومات من أحد الأنواع ومجموعة واحدة من الآخر. تلك البقع السوداء في وسط موزتك هي_في الحقيقة_بذيرات نباتية مُجهَضة لا تتحوَّل إلى بذور لأن كروموسوماتها (صبغياتها) لا تستطيع الاقتران على نحو سليم. وحيث أن نباتات الموز عقيمة، فينبغي أن تُوالَد من أجزاء مقطوعة.

تعدد الصبغيات المتباين أكثر ندرة في الحيوانات، ظاهراً أحياناً في السمك والحشرات والديدان والزواحف. معظم هذه الأشكال تتكاثر لا جنسياً، إلا أن هناك ثديياً متباين تعدد الصبغيات واحداً متكاثراً جنسياً، فأر قسكاشا **Viscacha** الأحمر الأرجنتيني الغريب. كروموسوماته المئة والاثنا عشر هي أكثر ما رُئِيَ في أي ثديي. إننا لا ندري سبب كون متباينات تعدد الصبغيات الحيوانية نادرة للغاية. ربما لديها شيء يحدث مع تباين التعدد الصبغي يعطل آلية تحديد الجنس **X/Y**، أو مع عجز الحيوانات عن التلقيح الذاتي. بالمقارنة، فالكثير من النباتات لها القدرة على التلقيح الذاتي، والتي تُمكِّن فرداً متباين التعدد الصبغي جديداً واحداً من نِتاج أفراد أقارب كثيرين كلهم أعضاء في نوعه الجديد.

يختلف الاستنواع متباين التعدد الصبغي عن ضروب الاستنواع الأخرى لأنه يتضمن تغيرات في عدد الكروموسومات بدلاً من تغيرات في الجينات نفسها. إنه أيضاً أسرع على نحو هائل من الاستنواع الجغرافي (العادي)، إذ أن نوعاً متباين التعدد الصبغي يمكن أن ينشأ في جيلين فقط. هذا تقريباً لحظيّ في الزمن الجيولوجي. ويُعطينا فرصة غير مسبوقة لرؤية ظهور أنواع جديدة في الوقت الملاحَظ منا، ويُشبِع رغبةَ رؤية الاستنواع عاملاً. نحن نعلم على الأقل بخمسة أنواع نباتات جديدة نشأت بهذه الطريقة.

أحدها هو نبات زهرة الشيخ أو القريض الويلزي (**Welsh groundsel (Senecio cambrensis**، وهو نبات مزهر من عائلة الأقحوان. لوحِظ لأول مرة في شمال ويلز عام ١٩٨٥م. أظهرت الدراسات المعاصرة أنه في الحقيقة هجين متباين تعدد الصبغيات بين نوعين آخرين، أحدهما هو زهرة الشيخ الشائعة **(Senecio vulgaris)** المحليّ في المملكة البريطانية، والآخر هو زهرة الشيخ الأوكسفورية **Oxford ragwort (Senecio squalidus)** المجلوب إلى المملكة البريطانية في عام ١٧٩٢م. لم تظهر زهرة الشيخ في ويلز حتى حوالي عام ١٩١٠م. هذا يعني_مُسَلِّمين بالولع البريطاني بدراسة النباتات، والذي يُنتِج قائمة جرد مستمرة للنباتات المحلية_أن زهرة الشيخ الويلزية الهجينة ينبغي أنها قد نشأت بين عامي ١٩١٠

و١٩٨٥م. الدليل على أنها بالفعل هجين وقد نشأت عبر التباين تعددي العدد الكروموسومي، يأتي من نـواحٍ عديدة. فبدايةً، إنها تبدو بالفعل كهجين، حيث أنها لها سمات كل من زهرة الشيخ الشائعة والقريض الـويلزي. علاوة على ذلك، فلها بالضبط عدد الكروموسومات المتوقع (٦٠) لهجين متباين التعدد الصبغي مـع هـذين الأبوين. (أحد الأبوين له ٤٠ كروموسـوماً والآخـر ٢٠). أظهـرت الدراسـات الوراثيـة أن جينـات وكروموسومات الهجين هي المرئية في النوعين الأبويين. البرهان الأخير جاء مـن **Jacqueline Weir and Ruth Ingram** من جامعة **St. Andrews University in Scotland** في إسكتلندا، الذين ركّبا على نحو كامل النوعَ الهجينَ في المعمل بعمل تهجينات عديدة بين نوعيها السلفيين. يبدو الهجين المُنتَج اصطناعياً تماماً مثل زهرة الشيخ الويلزية المشاهَدة في البرية. (كثيراً ما يُعاد تركيب الأنواع الهجينة البريـة بهـذه الطريقـة للتحقق من سلفيتها). هناك شك قليل_من ثم_أن زهرة الشيخ الويلزية تمثّل نوعاً جديداً نشأ في المئـة سـنة الأخيرة.

الحالات الأربع الأخرى للاستنواع في وقتٍ ملاحَظ مشابِهة.كلها تتضمَّن هجناً بين نـوع محلـي وآخـر مجلوب. رغم أن هذا يتضمن بعض الاصطناعية، في شكل نقل البشر النباتات هنا وهناك، فهي تقريباً ضرورية لحدوث هذا إن أردنا رؤية تكوّن أنواع جديدة أمام أعيننا. يبدو أن الاستنواع تبايني التعدد الكروموسـومي يحدث سريعاً جداً عندما تعيش الأنواع الأبوية الملائمة في نفس المكان. إن أردنا رؤية نشوء نوع متباين التعدد الكروموسومي، فمن ثم يجب أن نكون على مسرح الحدث مبكراً بُعَيْدَ دخول نوعيها الـسلفيين في تقـارب لصيق. وهذا سيحدث فقط بعد غزوٍ حيوي حديث.

لكن الاستنواع تبايني التعدد الصبغي قد حدثَ_غيرَ مشهودٍ_مراتٍ كثيرة خلال سياق التطور. نعلم هـذا لأن العلماء قد ركَّبوا الهجائن متباينة التعدد الصبغي في البيوت الزجاجية والتي هي متطابقة فعلياً مـع الـتي تكوَّنت في الطبيعة قبل زمن طويل من وجودنا. ومتباينات التعدد الصبغي تتخاصب داخلياً مع التي في البريـة، وهذا دليل جيد على أننا قد أعدنا تكوين نشأة الأنواع المتكوِّنة على نحو طبيعي.

هذه الحالات من الاستنواع تبايني التعدد الصبغي ينبغي أن تُقنِع هؤلاء النقاد الذين لن يقبلوا التطور حـتى يحدث أمام عيونهم.(٤٢) لكن حتى دون تباين التعدد الصبغي، يظل لدينا وفرة من الأدلة على الاستنواع. إننـا نرى خطوط التحدر تنقسم في السجل الأحفوري. ونرى الأنواع ذوات الصلة بشكل لصيق معزولة بالحواجز الجغرافية. ونرى الأنواع الجديدة تبدأ في النشوء كمجموعات سكانية تُطوِّر حواجز تكاثرية ابتدائية، حـواجز هي أساس الاستنواع. لا شك أن السيد تشارلز داروين_لو ابتُعِثَ اليوم_لكان سيكون مبتهجاً بإيجاد أن أصل الأنواع لم يعد "سر الأسرار".

الفصل الثامن

ماذا عنّا

الإنسان الداروني، رغم كونه خلوق
ففي أحسن الأحوال هو مجرد قرد حليق

William S. Gilbert and Arthur Sullivan, Princess Ida

في عام ١٩٢٤م، بينما يلبس لأجل زفاف صديقٍ، كان Raymond Dart قد سُلِّمَ ما سوف يصبح أعظم حفرية عُثِر عليها في القرن العشرين. لم يكن Dart فحسب أستاذاً جامعياً شاباً في علم التشريح بجامعة University of Witwatersrand في جمهورية جنوب إفريقيا، بل كان أيضاً عالم سلالات إنسانية هاوٍ، وقد نشر نبأً أنه يبحث عن "اللقايا المثيرة للاهتمام" لشغل متحف تشريحي جديد. بينما كان Dart يرتدي بدلته الرسمية، جلب له ساعي البريد صندوقين من الصخور المحتوية على شظايا عظمية مستخرجة بالحفر من محجر للحجر الجيري قرب Taungs، في منطقة Transvaal. في مذكراته_مغامرات مع الحلقة المفقودة_وصف Dart هذه اللحظة:

"ما إن أزحتُ الغطاءَ اجتاحتني اهتزازة من الإثارة. فعلى قمة كومة الصخر كان ما هو بغير شك قالب أو سبيكة جمجمية داخلية لداخليّ الجمجمة. لقد كان قالبَ المخ المتحجر الوحيد لأي نوع من القردة العليا محتلاً منزلةً كاكتشاف عظيم، إذ أن شيئاً كهذا لم يُقدَّم تقريراً عنه من قبل قط. لكني قد علمتُ في ومضة أن ما يقبع بين يدي لم يكن مخاً قردياً شبيهاً بالإنسان عادياً. هنا في رمل جيري مُقسّى كانت نسخة مطابقة لمخٍ أكبر بثلاث مرات من البابون وأكبر إلى حد بعيد مما لشمبانزي بالغ. كان المنظر المدهش لتلافيف وتجاعيد المخ والأوعية الدموية للجمجمة مرئياً بوضوح.

لم يكن كبيراً على نحو كافٍ بالنسبة إلى إنسان بدائي، لكن حتى بالنسبة إلى قرد علوي كـان مخـاً كـبيراً منتفخاً و_الأكثر أهمية_كانت مقدمة المخ كبيرة للغاية وقد نمت إلى الخلف بحيث غطت مؤخرة المخ تماماً. هل هناك_في أي مكان بين كومة الصخور_وجه يلائم المخ؟ فتشتُ بشكل محموم خلال الصندوقين. كـان بحثـي مُجازَى، إذ وجدت حجراً كبيراً ذا انخفاض يتلائم معه القالب تماماً. كان هناك الشكل الخارجي لجزء مكسور من الجمجمة مرئياً على نحوٍ ضعيفٍ وحتى مؤخرة الفك السفلي وتجويف أسنان....

وقفت في الظل ماسكاً المخ بشَرَهٍ كأيِّ بخيل يعتنق ذهبَه، وعقلي يسابقني. هنا كنت متأكداً أنها أحـد أهـم الاكتشافات التي قد تمت على الإطلاق في تاريخ علم السلالات البشرية. نظرية دارون المُكذَّبة على نحوٍ واسع أن أسلاف البشر المبكرين على الأرجح عاشوا في إفريقيا عادت إليَّ. هل كنتُ أنا الوسيلة التي وُجِـدَت بهـا "الحلقة المفقودة".

أحلام اليقظة السارّة هذه قوطِعت من قِبَل العريس نفسه ساحباً كمي.

قال: "يا إلهي، يا Ray"_ مكافحاً لإبقاء الإلحاح العصبي خارج صوته_ "يجب أن تنهي اللبس فـوراً، وإلا سأضطر إلى إيجاد إشبين (شاهد عريس) آخر. سيارة الزفاف ستكون هنا في أي لحظة."

قلق العريس مفهوم. لا يريد أحدٌ أن يكتشف في يوم زفافه أن إشبينه مهتم أكثر بصندوق صـخور مغـبرة أكثر من الزفاف الوشيك. إلا أنه ليس عسيراً التعاطف مع **Dart** كذلك. في كتاب نـشأة الإنـسان كـان دارون قد حدس أن نوعنا كان قد نشأ في إفريقيا لأن أقاربنا الألصق _الجـوريلات والـشمبانزي_كلاهمـا يوجدان هناك. لكن هذا كان لا يزيد عن حزر. لم يكن هناك متحجرات لتأييده. وكان هناك على نحو واضح شيء كهاوية تطورية بيننا وأسلافنا المشتركين لابد أننا قد تشاركناها مع القرود العليا الأخرى، سلف كـان بالتأكيد أشبه بالقرد أكثر من البشر. في ذلك اليوم من عام ١٩٢٤م، أول نواة بداية اكتُشفَت، مُظهِـرة أن الهاوية سوف تُزال آخر الأمر: لقد كان هنالك_بين يدي **Dart** المرتعشتين_لمحة مباشرة لما لُقِّب منـذ زمـن طويل على نحو مفرط في التبسيط بـ "الحلقة المفقودة". يتعجب المرء كيف استطاع التركيـزَ في واجباتـه في الزفاف.

ما وجده **Dart** في ذلك الصندوق كان أول نموذج لما سماه لاحقـاً **Australopithecus africanus** (أي القرد العلوي البشري جنوب الإفريقي). في الأشهر الثلاث التالية، تحليل **Dart** الدقيق للصخر_مستعملاً إبر

خياطة حادة مختلسة من زوجته_كشف الوجه الكامل. لقد كان وجه طفل، يعرف الآن بطفل **Taungs**، كاملاً مع الأسنان اللبنية والضروس المنبتة. مزجه بين صفات الإنسان وشبيه القرد أكد بجلاء فكرة **Dart** أنه حقاً قد عثر على فجر سلفية البشر. (انظر صور ٢٥ في الملحق)

منذ عهد **Dart**، استعمل علماء المتحجرات والوراثة والأحياء الجزيئي المتحجراتِ وتسلسلات الحمض النووي لتعيين مكاننا في شجرة التطور. إننا قرود عليا تتحدر من قرود عليا أخرى، وابن عمنا اللصيق هو الشمبانزي، الذي انفصلت أسلافه عن أسلافنا منذ ملايين عديدة من السنوات في إفريقيا. هذه حقائق لا تقبل الجدل. وأحرى من أن تقلل إنسانيتنا، فإنها ينبغي أن تُحدِث الارتياح والتعجب، لأنها تربطنا بكل الكائنات، الحية والمنقرضة.

لكن ليس كل أحد يراها بهذه الطريقة. فبين هؤلاء الكارهين لقبول نظرية التطور، يُشكّل تطور البشر لبَّ مقاومتهم. إنه لا يبدو عسيراً جداً قبول أن الثدييات قد تطورت من الزواحف، أو الحيوانات البرية من السمك. لا يمكننا فحسب أن نعترف بأننا أيضاً_تماماً ككل نوع آخر_ تطورنا من سلف كان مختلفاً جداً. إننا نتصور أنفسنا دوماً بشكل واقفين جانباً عن باقي الطبيعة، مُشَجَّعين بالاعتقاد الديني أن البشر كانوا هدفاً خاصاً للخلق، وكذلك بالأنانية الطبيعية التي تصاحب مخاً مدركاً للذات، فإننا نقاوم الدرس التطوري أننا _كالحيوانات الأخرى_نواتج طارئة لعملية الانتخاب الطبيعي العمياء والغير عاقلة. وبسبب سيطرة التدين الأصولي في الولايات المتحدة الأمركية صارت بلدي ضمن الأكثر مقاومةً لحقيقة تطور البشر.

في "محاكمة القرد" الشهيرة عام ١٩٢٥م، ذهب مدرس مدرسة ثانوية هو **John Scopes** في **Dayton**، بولاية **Tennesse**، وأُدين بانتهاك قانون ولاية **Tennesse**. على نحو معبِّر، لم يُحرِّم هذا القانون تدريس التطور عموماً، بل فقط فكرة أن البشر قد تطوروا:

"ليكن مشرَّعاً من قبل الجمعية التشريعية العامة لولاية تنسي، أنه سيكون غير قانوني لأي مدرس في أيٍ من الجامعات، أو المدارس المتوسطة وكل المدارس العامة الأخرى للولاية التي تُدعَم كلياً أو جزئياً بموارد الولاية المالية للمدارس العامة، تدريس أي نظرية تنفي قصة الخلق الإلهي للإنسان كما عُلِّمَ في الكتاب المقدس، وتدريس بدلاً من ذلك أن الإنسان قد انحدر من رتبةٍ أقلَ من الحيوانات."

بينما يسلِّم أكثر الخلقيين تحرراً أن بعض الأنواع يمكن أن تكون قد نشأت من أخرى، فإن كل الخلقيين يضعون خطاً أحمر تحت البشر. فهم يقولون أن الفجوة بيننا وبين الرئيسيات الأخرى غير قابلة للتجاوز بالتطور، ولذا يجب أن قد تضمنت حركةَ خلق خاص.

فكرة أن البشر جزء من الطبيعة كانت أناثيما (ملعونة) خلال معظم تاريخ علم الأحياء.في عام ١٧٣٥م، عالم النبات السويدي **Carl Linnaeus**، الذي أسس التصنيف الحيوي، وضع البشر_الذين سماهم **Homo Sapiens** (الإنسان الحكيم)، مع القردة والقرود العليا بناءً على التشابه التشريحي. لم يقترح **Linnaeus** علاقة تطورية بين هذه الأنواع، فقد كان هدفه بوضوح الكشف عن الترتيب وراء خلق الله، لكن قراره ظل مثيراً للجدل، وجلب على نفسه غضب أسقفيته.

بعد قرن لاحق، علِم دارون تماماً الحنقَ الذي سيواجهه باقتراح_كما اعتقد بصلابة_أن البشر قد تطوروا من أنواع أخرى. في (أصل الأنواع) تحفظ دارون حول المسألة، مختلساً جملة واحدة غير مباشرة في نهاية الكتاب: *"سيُلقَى الضوءُ على نشأة الإنسان وتاريخه"*. لم يُقدِم دارون على تناول المسألة حتى أكثر من عقد لاحق في (نشأة الإنسان) عام ١٨٧١م. مُشجَّعاً ببصيرته النامية وثقته، وبالقبول السريع لأفكاره، جاء أخيراً إلى الصريح. جامعاً الأدلة من علم التشريح والسلوك، صرّح دارون ليس فقط بأن البشر قد تطوروا من كائنات أشباه قرود، بل وفعلوا ذلك في إفريقيا:

"هكذا نكتشف أن الإنسان يتحدر من رباعي أرجل أشعر، مزود بذيل وآذان مدببة، على الأرجح شجري في مواطنه، وساكنٌ للعالم القديم."

تخيل تأثير تلك الجملة على الآذان الفكتورية. الاعتقاد أن أسلافنا عاشوا على الأشجار! وكانوا مزودين بذيول وآذان مدببة! في الفصل الأخير، تعامل دارون أخيراً وجهاً لوجهٍ مع الاعتراضات الدينية:

"إني مدرك أن الاستنتاجات المتوصل إليها في هذا العمل ستُشجَب من قبل البعض كتجديفية إلى حد كبير، لكن من يقوم بهذا الشجب سيكون مقيَّداً بتوضيح لماذا يكون أكثر تجديفاً تفسير نشأة الإنسان كنوع متميز بالتحدر من أحد الأشكال الأدنى، من خلال قوانين التباين والانتخاب الطبيعي، عن تفسير مولد الفرد من خلال قوانين التكاثر المعتاد."

ومع ذلك، هو لم يقنع كل زملائـه. فـــ **Alfred Russel Wallace and Charles Lyell** ألفــرد راسل والس وتشارلز ليل_ منافس دارون وناصحه المخلص على الترتيب_ كلاهما وافقا على فكرة التطــور، لكن ظلا غير مقتنعين أن الانتخاب الطبيعي يمكنه تفسير القدرات العقلية الأعلى للبشر. لقد احتــاج الأمــرُ المتحجراتِ لإقناع المتشككين آخر الأمر أن البشر قد تطوروا بالفعل.

الأسلاف المتحجرون

في عام ١٨٧١م، تضمن السجل الأحفوري فقط عظاماً قليلة للنندرثاليين متأخري النشوء. مشابهين للبـــشر جداً عن أن يُعتبروا حلقة مفقودة بين أنفسنا والقرود العليا. لقد كانوا يعتبرون بدلاً مـــن ذلـــك كمجموعـــة سكانية من الـــ **Homo Sapiens**[٣]. في عام ١٨٩١م، اكتشف الطبيب الـــدنماركي **Eugene Dubois** قمة جمجمة وبعض الأسنان وعظمة فخذ في جزيرة جاوة **Java** تفي بالمراد: كانت الجمجمة نوعاً مـــا أكثـــر غلظة مما للبشر الحديثين، وحجم المخ أصغر. لكنه_محزوناً بالمعارضة الدينية والعلمية لفكرته_أعـــاد **Dubois** دفن عظام الـــ **Pithecanthropus erectus** (يدعى اليوم **Homo erectus** الإنسان المنتصب) أســـفل منزله، مخبئاً إياهم عن الفحص العلمي لثلاثة عقود.

تسبب اكتشاف **Dart** لطفل **Taungs** في صيدٍ لأسلاف البشر في إفريقيا، مؤدياً آخر الأمر إلى أعمـــال الحفر الشهيرة في **Leakeys** عند **Olduvai Gorge** بداية من ثلاثينيات القـــرن العـــشرين، واكتـــشاف (لوسي) من قِبَل **Donald Johanson** في عام ١٩٧٤م، وحشد من المكتشفات الأخرى. لدينا اليوم سجل أحفوري منطقي لتطورنا، رغم أنه بعيد عن الاكتمال. وهناك_كما سنرى_الكثير من الألغـــاز، وأكثـــر مـــن مفاجآت قليلة.

لكن حتى دون الحفريات كنا سنظل نعلم شيئاً عن مكاننا في شجرة التطور. كما قد اقتـــرح **Linnaeus**، فإن تشريحنا يضعنا في رتبة الرئيسيات إلى جانب القرود والقرود العليا والليمورات، كلها تتـــشاطر صـــفات كالعيون المواجهة للأمام، وأظافر الأصابع، ورؤية الألوان، وأصابع إبهام متقابلة. تضعنا صفات أخرى في تحت

---

٣ حالياً يُرى أنهم مجموعة سكانية من الإنسان المنتصب Homo erectus السلف المشترك لنا ولهم، وثبـــت أن جيناته متضمنة في جينات نوعنا مما يدل على حدوث تزاوج بين النوعين الفرعيين مـــن الإنـــسان المنتـــصب _المترجم

الرتبة الأصغر البشرانيين **Hominoidea** بجوار القرود العليا الدنيا (الجيبون) والقرود العليا الأسمى (الشمبانزي والجوريلات والأورانجوتان أو إنسان الغاب وأنفسنا). وضمن البشرانيين نُصنَّف مع القرود العليا الأسمى في أسرة البشرانيين، متشاطرين صفات فريدة كأظافر الأصابع المسطحة، و٣٢ سناً، ومبايض متسعة، وعناية أبوية طويلة الأمد. هذه السمات المتشاركة تظهر أن سلفنا المشترك مع القرود العليا الأسمى عاش أكثر حداثةً عن سلفنا المشترك مع أي ثديي آخر.

تؤكد المعطيات الجزيئية المستمدة من تسلسلات الأحماض النووية والبروتين هذه العلاقات. إننا أكثر صلة وثيقة إلى الشمبانزي_على حد سواءإلى الشمبانزي الشائع والبونوبو **bonobo**)، وقد انفصلنا عن سلفنا المشترك المُلتقَى منذ حوالي سبعة ملايين سنة ماضية.الجوريلا قريب أبعد قليلاً، وإنسان الغاب أكثر بعداً من ذلك (١٢ مليون سنة منذ سلفنا المشترك).

إلا أنه بالنسبة للكثيرين، فإن الدليل الحفري أكثر إقناعاً نفسياً من المعطيات الجزيئية. إن أحد الأشياء للتعلم أننا نتشارك بـ ٩٨,٥% من تسلسل حمضنا النووي مع الشمبانزي، لكنه شيء آخر كلياً رؤية هيكل عظمي لـ **australopithecine** قرد بشري علوي جنوب إفريقي، بجمجمته الصغيرة الشبه قردية الجاثمة فوق هيكل عظمي متطابق تقريباً مع الذي للبشر الحديثين. لكن قبل أن ننظر إلى الحفريات، يمكننا القيام ببعض التنبؤات عما نتوقع إيجاده لو ان البشر قد تطوروا من قرود عليا.

ما الذي ينبغي أن تبدو عليه حلقتنا الانتقالية مع القرود العليا؟ فلنتذكر أن الحلقة الانتقالية أو المشتركة هي نوع سلفي واحد أدى إلى نشوء البشر الحديثين من جانب والشمبانزي من جانب آخر. إنه من غير العقلاني توقع اكتشاف هذا النوع الوحيد حاسم الدور، لأن مطابقته ستتطلب سلسلة كاملة من متحجرات الأسلاف المتحدرة في كل خطي تحدر الشمبانزي والإنسان، سلسلة يمكننا تتبعها رجوعاً حتى تتقاطع عند سلف. خلا كائنات مجهرية بحرية قليلة فإن مثل هذه المتتاليات المتحجرة الكاملة لا توجد. وأسلافنا البشريون المبكرون كانوا كباراً، أقل في العدد نسبياً بالمقارنة مع مُرْتَعيات كالظباء، وسكنوا جزءً صغيراً من إفريقيا تحت ظروف جافة لا تساعد على التحجر. متحجراتهم_كالتي لكل القرود والقرود العليا_نادرة. هذا يشابه مشكلتنا مع تطور الطيور، لأن متحجراتها الانتقالية نادرة أيضاً. يمكننا بالتأكيد تتبع تطور الطيور من ديناصورات مجنحة، لكننا لسنا متأكدين بالضبط أي أنواع متحجرة هي الأسلاف المباشرة للطيور الحديثة.

مُسَلِّمين بكل هذا، لا يمكننا توقع إيجاد النوع الدقيق الوحيد الذي يمثل الحلقة المشتركة بين البشر والقرود العليا الأخرى. يمكننا أن نأمل فقط أن نجد أقاربه التطوريين. فلنتذكر أيضاً أن هذا السف المشترك لم يكن شمبانزي، وعلى الأرجح لم يبدُ لا كالشمبانزي ولا البشر الحديثين. ومع ذلك، فمن المرجح أن الحلقة المفقودة كانت أقرب في المظهر إلى الشمبانزي الحديثين عن البشر الحديثين. نحن البشر غريبون في تطور القرود العليا الحديثة، التي كلها تشابه بعضها الآخر أكثر بكثير مما يشابهوننا. الجوريلات هم أقاربنا البعيدون، إلا أنهم يتشاركون مع الشمبانزي صفات كالأمخاخ الصغيرة نسبياً، والتشعر، والمشية بانحناء، وأسنان نابية حادة كبيرة. الجوريلات والشمبانزي لديهم أيضاً صف أسنان مستطيل الشكل: عندما يُرى من الأعلى، فإن الصف السفلي لأسنانهم يبدو كثلاثة أضلاع لمستطيل (انظر الرسم التوضيحي ٢٧). البشر هم النوع الوحيد الذي قد اختلف عن المخطط القرديّ الأساسي: لدينا أصابع إبهام مرنة على نحو فريد، وشعر قليل جداً، وأسنان نابية أصغر وأكثر انثلاماً (أقل حدة)، ونمشي منصبين. صف أسناننا ليس مستطيل الشكل، بل إهليلجي، كما يمكنك أن ترى بفحص أسنانك السفلية في المرآة. أكثر تميزاً، لنا مخ أكبر بكثير مما لأي قرد علوي: مخ الشمبانزي البالغ له حجم حوالي ٤٥٠ سنتيمتراً مكعباً، بينما الذي للبشر حوالي ١٤٥٠ سنتيمتراً مكعباً. عندما نقارن تشابهات الشمبانزي والجوريلات والأورانجوتانات أو إنسان الغاب بالسمات المختلفة للبشر، يمكننا استنتاج أننا_بالنسبة إلى سلفنا المشترك_قد تغيرنا أكثر مما فعلت القرود العليا الحديثة.

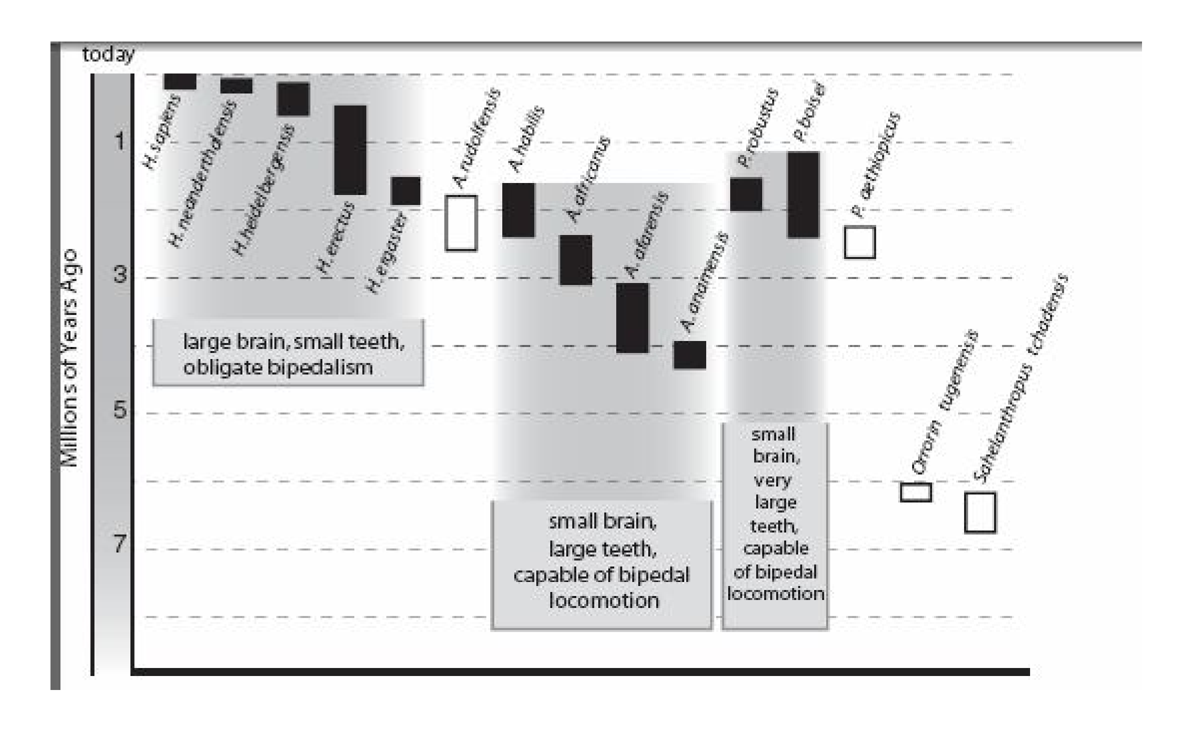
من ثم، ما بين حوالي خمسة إلى سبعة ملايين سنة ماضية نتوقع أن نجد أسلافاً متحجرين لنا لهم الصفات المتشاركة من قِبل الشمبانزي والجوريلات والأورانجوتان (هذه الصفات متشاركة لأنها كانت موجودة في السلف المشترك)، لكن مع بعض الصفات البشرية أيضاً. كلما صارت المتحجرات أكثر حداثة ينبغي أن نرى الأمخاخ تصير أكبر نسبياً، والأسنان النابية تصير أصغر، وصف الأسنان يصير أقل استطالة في شكله وأكثر تقوساً، وتصير الوقفة أكثر انتصاباً. وهذا بالضبط ما نراه. رغم كونه بعيداً عن الكمال، فإن سجل تطور البشر هو أحد أفضل التأكيدات التي لدينا لتنبؤٍ تطوري، وهو مُسِرٌّ على نحو خاص لأن التنبؤ كان لداروِن.

لكن أولاً بعض التوضيحات: نحن لا (ولا يمكننا توقع أن) نملك سجلاً أحفورياً متصلاً للسلفية البشرية. بالأحرى، إننا نرى أجمة متشابكة لأنواع مختلفة كثيرة. معظمها قد انقرض دون ترك متحدرين، وفقط خط تحدر وراثي شق طريقه عبر الزمن ليصير البشر الحديثين. إننا لسنا متأكدين بعد أي الأنواع المتحجرة يقع على طول ذلك الخط المحدد، وأيها كان نهايات تطورية مسدودة. أكثر شيء إدهاشاً قد تعلمناه عن تاريخنا هو أننا كان لنا أقارب لصيقين كُثُر انقرضوا دون ترك متحدرين. إنه محتملٌ حتى أن ما يصل إلى أربعة أنواع بشرية قد

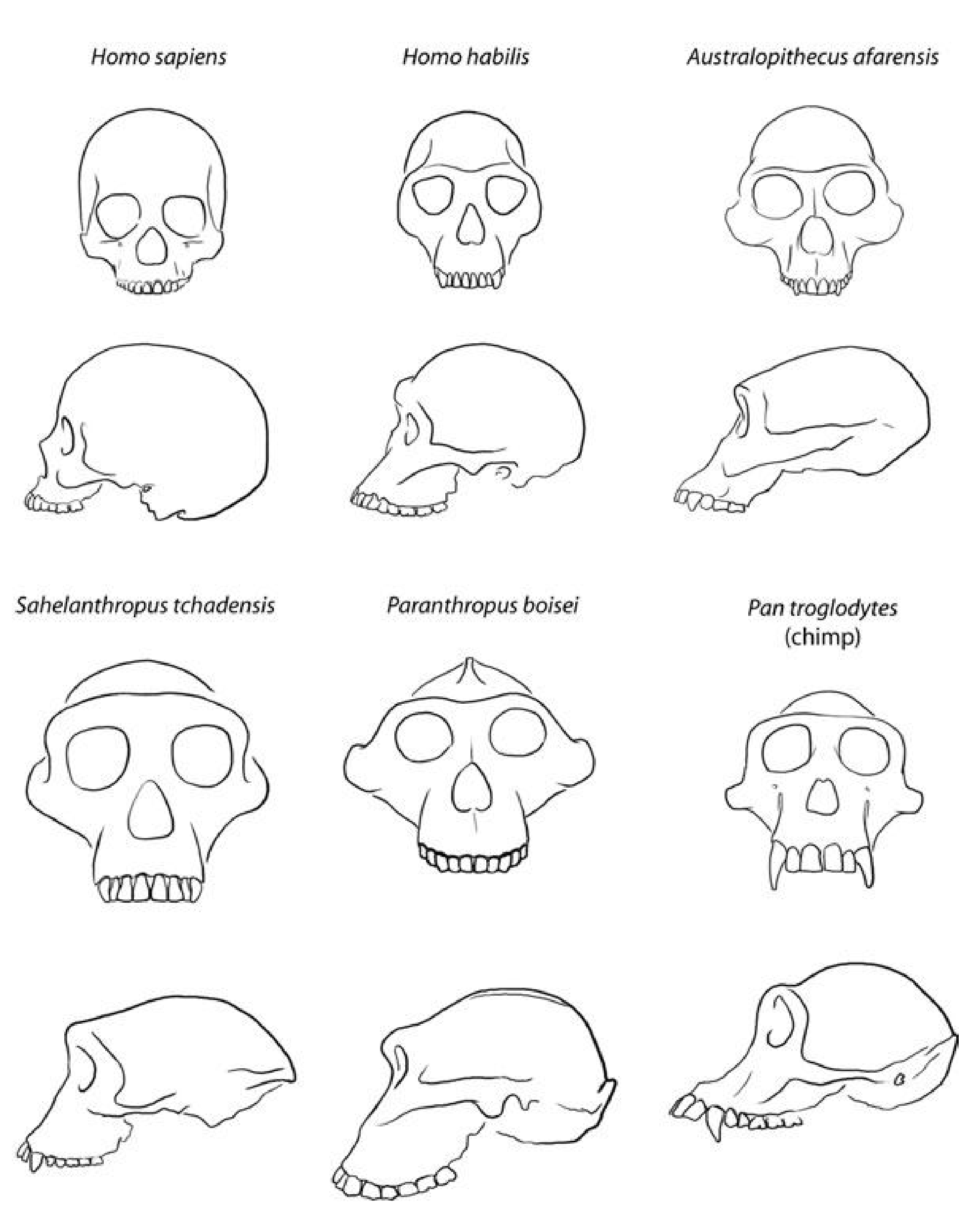
عاشت في إفريقيا في نفس الوقت، وربما في نفس المكان. تخيل المواجهات التي ربما قد حــدثت! هــل قتلــوا بعضهم البعض، أم حاولوا التزاوج؟

وأسماء المتحجرات البشرية لا يمكن أن تؤخذ بجدية جداً. فكعلم اللاهوت، علم السلالات البشرية القديمــة هو مجال فيه التلاميذ يفوقون عدداً بكثير مواد الدراسة. هناك مناقشات قوية_وأحياناً لاذعة_حــول مــا إذا كانت متحجرة معينة حقاً شيءجديد، أم مجرد تنوع لنوع مسمى فعلياً. هذه الجدالات حول الأسماء العلميــة غالباً ما تعني القليل جداً. ما إذا كان متحجر شبه بشري يسمى كنوع أو آخر يمكن أن يثير مــسائل بــصغر ٠,٥ مليمتر في ثخانة سن، أو اختلافات ضئيلة في شكل عظمة الفخذ. المشكلة أن هناك نماذج قليلــة للغايــة حقاً، منتشرة على مساحة جغرافية متسعة جداً، عن أن تجعل هذه النقاشات ذات أي ثقة. تحدث الاكتشافات الجديدة وتعديلات الاستنتاجات القديمة باستمرار، ما يجب أن نحتفظ به في ناظرنا هو الاتجاه العام للمتحجرات عبر الزمن، والتي تُظهِر بجلاءٍ تغيراً من سمات أشباه قرود إلى سمات أشباه بشر.

بالنسبة إلى العظام، يستعمل علماء السلالات البشرية لفظة **Hominin** البشريين لكل الأنواع على الجانب (البشري) لشجرة عائلتنا بعدما انفصلت عن الفرع الذي صار الشمبانزي الحديثين.[٤٣] عشرون نوعــاً مــن البشريين **Hominins** قد أُعطِيت أسماءً كأنواع مستقلة، يَظهر ١٥ من هؤلاء في ترتيب تقريبي لزمن النشوء في الشكل التوضيحي ٢٧. لقد عرَضتُ جماجم بشريين قليلين كنماذج في الشكل التوضيحي ٢٦، جنبــاً إلى جنب مع التي لشمبانزي وإنسان حديثين للمقارنة.



(شكل توضيحي ٢٦) خمسة عشر نوعاً بشرياً، والحقب التي يظهرون خلالها كمتحجرات، وطبيعة أمخاخهم وأسنانهم ومشيتهم.



(شكل توضيحي ٢٧) جماجم البشر الحديثين **(homo Sapiens)** والبشريين الأقدم والشمبانزي.

قضيتنا الرئيسية هي_بالتأكيد_تحديد نموذج تطور البشر. متى نرى المتحجرات الأقدم التي ربما تمثل أسلافنا الذين قد انفصلوا من قبل عن القرود العليا الأخرى؟ أي أقاربنا البشريين قد انقرض، وأيهم أسلافنا المباشرين؟ كيف صارت تلك السمات للقرد العلوي تلك التي للبشر الحديثين؟ هل تطور مخنا الكبير أولاً، أم وقفتنا المستقيمة؟ إننا نعلم أن البشر بدؤوا التطور في إفريقيا، لكن أي جزء من تطورنا حدث في مكانٍ آخر؟

باستثناء بعض الشظايا العظمية التي تصنيفها مبهم، فحتى وقت قريب لم يذهب سجل البشريين الأحفوري أبعد من أربعة ملايين سنة. لكن في عام ٢٠٠٢م، أعلن **Michel Brunet** وزملاؤه الاكتشاف المذهل لبشري أقدم محتمل، هو **Sahelanthropus tchadensis** القرد العلوي البشري الساحلي التشادي، من صحاري إفريقيا الوسطى في تشاد، المنطقة المعروفة بالساحل. أكثر شيء إدهاشاً بشأن هذا المكتشَف هو تاريخه: بين ستة وسبعة ملايين سنة ماضية، تماماً وقتما يخبرنا الدليل الجزيئي أن خط تحدرنا قد انفصل عن الذي للشمبانزي. ربما يمثل **Sahelanthropus** بشري الساحل حقاً أقدم سلف بشري، أو يمكن أن يكون فرعاً جانبياً انقرض. لكن مزيجه من الصفات بالتأكيد يبدو أنه يضعه على الجانب البشري من التقسيم إنسان وشمبانزي. ما لدينا هنا هو جمجمة كاملة تقريباً (رغم تحطم ضئيل أثناء التحجر)، لكنه فسيفسائي التكوين، مُظهِراً مزيجاً غريباً من السمات البشرانية والشبه قردية. فكالقرود، له جمجمة مستطيلة ذات مخ صغير بحجم مخ الشمبانزي، لكن كالبشريين اللاحقين، له وجه مسطح وأسنان صغيرة وبروزات جبينية (الشكل التوضيحي ٢٧) وانظر صورة ٢٨ في الملحق لمتحجرته.

مفتقدين بقية الهيكل العظمي، لا يمكننا معرفة ما إذا كان بشري الساحل **Sahelanthropus** كان له القدرة الحاسمة على المشي منتصباً، إلا أن هناك تلميحاً مثيراً أنه استطاع. في الماشين المشية المنحنية كالجورلات والشمبانزي، وضع الحيوان المعتاد أفقي، لذا يدخل حبلهم الشوكي الجمجمة من الخلف. في البشر المنتصبين_على النقيض_تتموضع الجمجمة مباشرة فوق الحبل الشوكي. يمكنك أن ترى هذا الاختلاف في موضع الفتحة في الجمجمة التي يعبر من خلالها الحبل الشوكي. (الـ **foramen magnum**، وتعني باللاتينية الثقبة العظمى): هذه الحفرة أو الثقب يتموضع إلى الأمام أكثر في البشر. في بشري الساحل الثقب إلى الأمام أكثر مما في القرود العليا الماشية منحنية. هذا مثير، إذ لو كان هذا النوع حقاً على الجانب البشري من التقسيم، فإنه يدل على أن المشي المنتصب كان أحد أوائل الابتكارات التطورية لتمييزنا عن القرود العليا الأخرى.[٤٤]

بعد بشري الساحل، لدينا شظايا قليلة عمرها ستة ملايين سنة من نوع آخر، هو **Orrorin tugensis**، متضمنة عظمة ساق وحيدة قد فُسِّرت كدليل على السير على رجلين. لكن بعد ذلك فجوة مليوني سنة دون متحجرات بشرية هامة. هذا حيث سنجد يوماً ما معلومات حاسمة بشأن متى بدأنا في المشي منتصبين. لكن، بداية من حوالي أربعة ملايين سنة ماضية، تعود المتحجرات إلى الظهور، ومنها نرى فروعاً تبدأ في التبرعم من الشجرة البشرية. في الحقيقة، قد تكون عدة أنواع عاشت في نفس الزمن. بين هؤلاء الـ

australopithecines الرشيقة النحيلة (القردة البشرية الجنوبية)، والتي تُظهِر مجدداً أمزجة مـــن الـــسمات الشبه قردية عليا والشبه بشرية. فعلى جانب القرود العليا أمخاخهم بحجم أمخاخ الشمبانزي تقريباً، وجمـــاجمهم أكثر شبهاً بالقرود العليا عن الشبيهة بالبشر. لكن الأسنان صغيرة نسبياً، وتتموضع في صـــفوف في منتـــصف الطريق بين الشكل المستطيلي للقرود العليا والحنك البيضاوي للبشر. وقد كانوا بلا شك ماشين على رجلين.

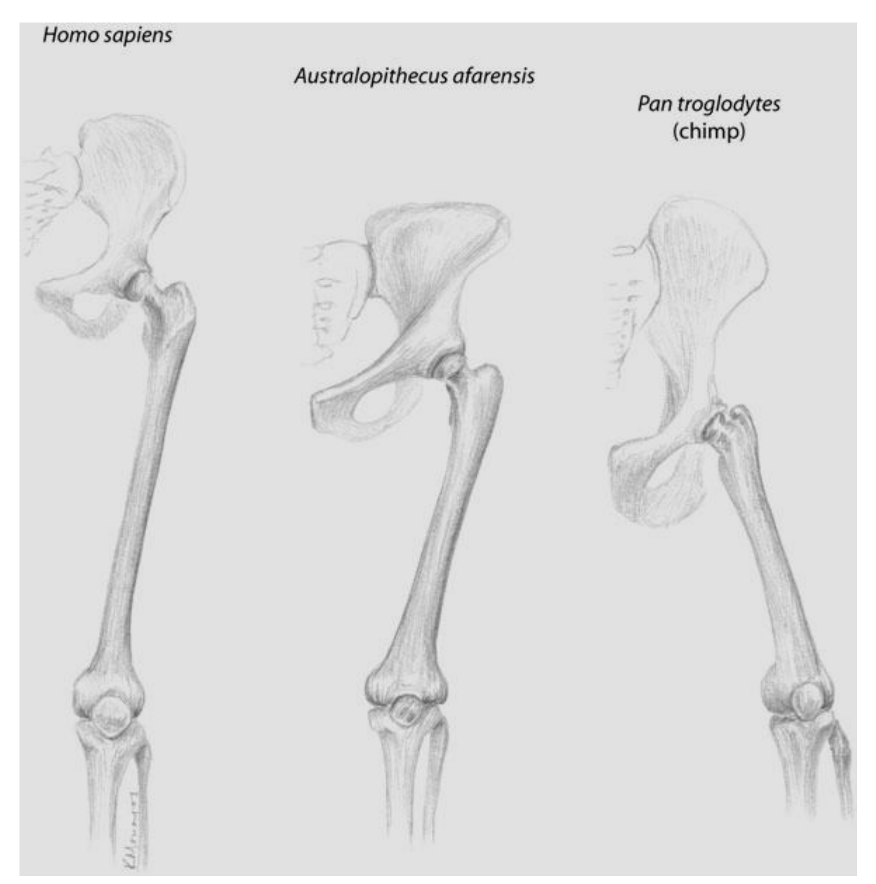
وتُظهِر مجموعة مبكرة من الحفريات من كينيا، صُنِّفت ســـوياً كـــــ **Australopithecus anamensis** تلميحاتٍ مشيرة للمشي على قدمين من عظمة ساق متحجرة وحيدة. (صورة ٢٩ في الملحق)

لكن الاكتشاف الحاسم قد تم من قِبَل **Donald Johanson**، عـــالم متحجـــرات أمركـــي نقـــب عـــن المتحجرات في منطقة عفـار **Afar** بإثيوبيا. في صباح ٣٠ نوفمبر ١٩٧٤م، اســـتيقظ **Johanson** شـــاعراً بالحظ، وكتب ملاحظة عن هذا التأثير في دفتر يومياته الحقلي. لكنه لم يكن لديه فكرة عن كيـــف ســـيكون محظوظاً. بعد البحث بلا جدوى طوال الصباح في أخدود جاف، كان **Johanson** و **Tom Gray** طالـــب متخرج على وشك الاستسلام والعودة إلى المعسكر. فجأة لاحظ **Johanson** عظمة بشري على الأرض، ثم أخرى، وأخرى. على نحو رائع لقد عثرا على عظام فرد واحد، سُمِيَ لاحقاً رسمياً بـــــ **AL 288-1**، لكنـــه يُعرَف على نحو أشهر بـــ "لوسي" **Lucy**، بعدما شُغِّلَت على نحو متكرر أغنية فريق البيتلز (لوسي في السماء مع الماسات) في المعسكر احتفالاً بالاكتشاف.

عندما رُكِّبَت مئات شظايا لوسي، اتضح أنها أنثـــى مـــن نـــوع جديـــد، هـــو **Australopithecus afarensis** القرد البشري الجنوبي العفاري، يعود تاريخها إلى ٣,٢ مليون سنة ماضية. كـــان عمرهـــا بـــين العشرين والثلاثين، وطولها ٣,٥ قدم (١٠٠,٧ سم تقريباً)، وتزن بالكاد ستين رطلاً (٢٧ كجـــم تقريبـــاً)، وعلى الأرجح كانت مصابة بالتهاب المفاصل، لكن الأكثر أهمية أنها قد مشت على رجلين.

كيف يمكننا معرفة ذلك؟ من الطريقة التي يتصل بها عظم الفخذ بالحوض من أحد طرفيه وبالركبة من طرفه الآخر (الشكل التوضيحي ٣٠). في رئيسيّ ماشٍ على رجلين مثلنا تميل عظمتا الفخذين نحو بعضهما الـــبعض من الوركين لكي يبقى مركز الجاذبية في مكان واحد أثناء المشي، مُمكِّنة من مشية على الـــرجلين فعالـــة إلى الأمام والخلف. بينما في القرود الماشية منحنية عظمتا الفخذين منفرجتان إلى الخارج قليلاً، لذا عندما يمـــشون مستقيمين يكون لهم تهادٍ متقوس الساقين، كتسكع تشارلي تشابلن القليل.[٤٥] من ثم، فإذا تناولتَ متحجـــرة

رئيسيٍّ ونظرت إلى الكيفية التي تتلاءم بها عظمة الفخذ مع عظمة الحوض، يمكنك معرفة ما إذا كان الكـائن مشى على قدمين أم أربعة. إن كانت عظمتا الفخذين تميلان نحو الوسط فهو سائر على رجلين. واللتان للوسي أو **Australopithecus afarensis** تميلان للداخل، بنفس الميل الذي للبشر الحديثين تقريباً. لقد مـشت منتصبة. عظام حوضها_أيضاً_تشابه ما للبشر الحديثين أكثر بكثير مما للشمبانزي المعاصرين.



شكل توضيحي ٣٠: اتصال عظمة الفخذ (عظمة الرجل الطويلة) بالحوض في البشر الحديثين والـشمبانزي والقـرد البـشري الجنوبي العفاري. إن حوض العفاري متوسطة بين الاثنين الآخرين، لكن عظمة فخذه المتجهة إلى الداخل_علامـةً علـى المـشية المستقيمة_تشابه التي للبشر وتختلف عن عظمة الفخذ المنفرجة للشمبانزي الماشي بانحناء. انظر صور لمتحجـرات بـرقم ٣١ في ملحق الصور.

أكد فريق من علماء السلالات البشرية القديمة بقيادة **Mary Leakey** المشية على قدمين للقرد البـشري الجنوبي العفاري **Australopithecus afarensis** باكتشاف فريد آخر جدير بالذكر في تنزانيا: (آثار أقدام **Laetoli**). في عام ١٩٧٦، كان **Andrew Hill** وعضو آخر من الفريق يأخذان استراحة بالانغمـاس في

تسلية حقلية مفضلة: رشق بعضهما الآخر بكميات كبيرة من روث الفيلة الجاف. باحثاً عن "ذخيرة" في قاع جدول جاف، عثر **Hill** على خط من آثار الأقدام المتحجرة. بعد حفر حذر، اتضح أن آثار الأقدام هي أثر ثمانين قدماً عُمِلَت مِن قِبل بشريين كانا يمشيان بشكل واضح على رجلين (ليس هناك انطباعات مشية منحنية) أثناء عاصفة رمادية من بركان ثائر. تبع تلك العاصفة مطر، والذي حوَّل الرماد إلى طبقة شبيهة بالإسمنت والتي لاحقاً عُزِلَت بطبقة أخرى من الرماد الجاف، حافظةً آثار الأقدام.

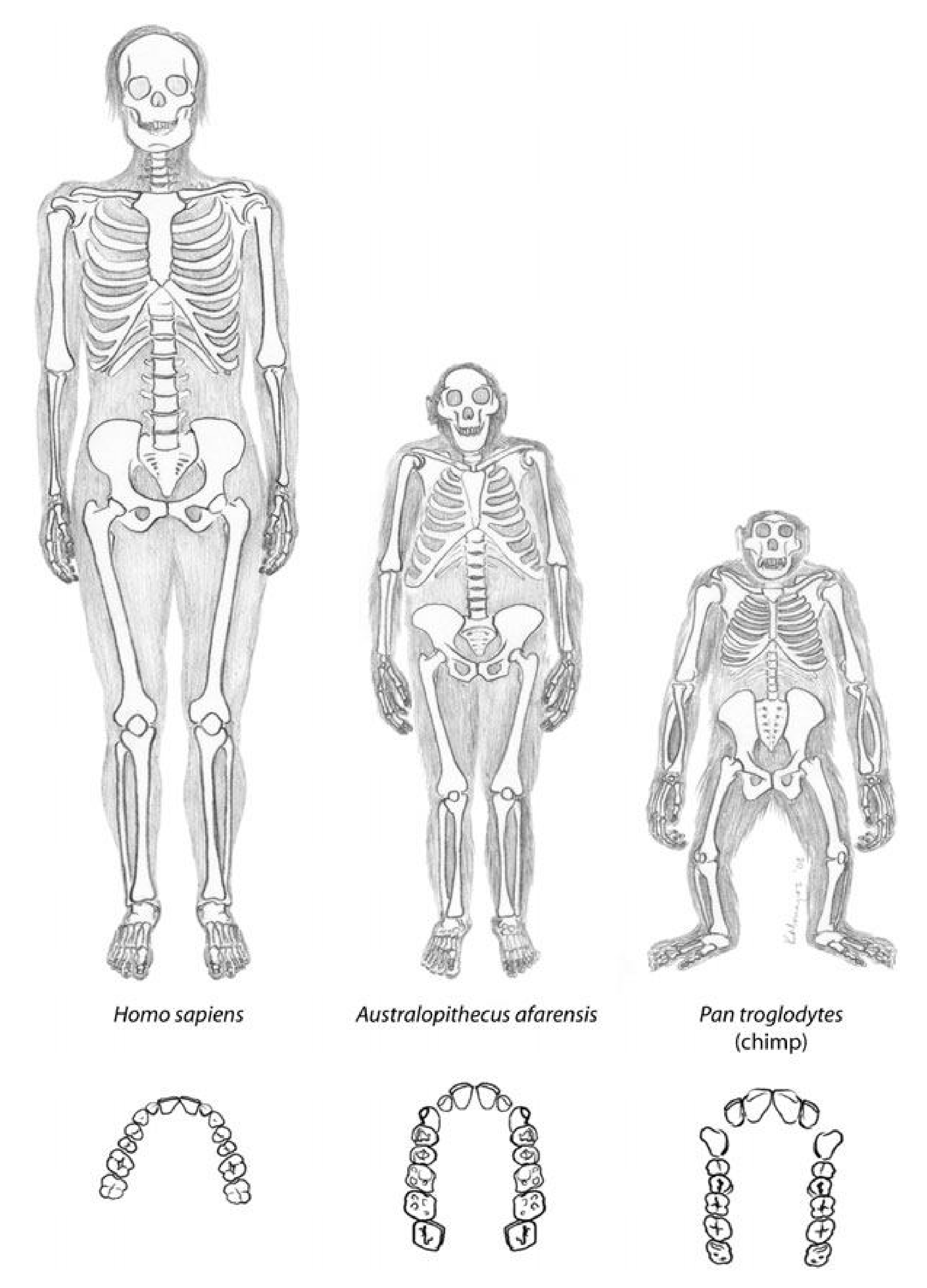
آثار أقدام **Laetoli** متطابقة فعلياً مع المعمولة من قِبل البشر الحديثين الماشين على أرضٍ لينة. والأقدام كانت على نحو مؤكد تقريباً من عشيرة لوسي: الآثار بالحجم الصحيح، وتؤرَّخ الآثار بحوالي ٣,٦ مليون سنة ماضية، وهو الوقت الذي كان فيه القرد البشري الجنوبي العفاري **A. afarensis** البشريَّ الوحيد في السجل. ما لدينا هنا هو ذلك الأندر من المكتشفات: السلوك البشري المتحجر.[٤٦] أحد الآثار أكبر من الآخر، لذا ربما كانا على الأرجح عُمِلا من قِبَل ذكر وأنثى (لقد أظهرت متحجرات أخرى للعفاري ثنائية شكل جنسية في الحجم). تبدو آثار أقدام الأنثى أعمق قليلاً على أحد الجانبين عن الآخر، لذا ربما كانت تحمل طفلاً على ظهرها. تبتعث الآثار رؤى لزوجٍ صغيرين مكسوين بالشعر يشقان طريقهما عبر السهل أثناء ثورة بركانية. هل كانا خائفين، ومتشابكي الأيدي؟[٤]، صور ٣٢ في ملحق الصور.

كسائر القردة البشرية الجنوبية الأخرى **australopithecines**، كان للعفاري أو "لوسي" رأس شبه قردي جداً ذو قحف دماغ بحجم الذي للشمبانزي. وأيضاً صف أسنان شبه بيضاوي وأسنان نابية أقل (الشكلان التوضيحيان ٢٧ و٣٣). بين الرأس والحوض كان لها خليط من الصفات شبه القردية العلوية وشبه البشرية: كان الذراعان أطول نسبياً من الذين للبشر الحديثين، لكن أقصر مما للشمبانزي، وعظام الأصابع مقوسة نوعاً ما كالتي للقرود العليا. هذا أدى إلى الاقتراح أن العفاري ربما قد قضى على الأقل بعض الوقت على الأشجار.

قد لا يتطلب المرء شكلاً انتقالياً أفضل بين البشر والقرود العليا القديمة من لوسي. من الرقبة فأعلى هي شبيهة بالقرود العليا، وفي الوسط هي خليط، ومن الخصر فأدنى هي تقريباً إنسان حديث. وهي تعلمنا حقيقة حاسمة حول تطورنا: لقد تطورت مشيتنا منذ وقت طويل قبل أدمغتنا الكبيرة. عندما اكتُشف هذا صار ضد الاعتقاد القديم أن الأدمغة الأكبر تطورت أولاً، وجعلنا نعيد التفكير في الطريقة التي شكَّل بها الانتخاب الطبيعي البشر الحديثين.

---

٤ *ربما يكون هذا تصوراً مغالى فيه_المترجم*



الشكل التوضيحي٣٣: جماجم وصفوف أسنان (الإنسان الحكيم) Homo sapiens الحديث، والقرد البشري الجنوبي العفاري *Australopithecus afarensis* (لوسي)، والشمبانزي. بينما الشمبانزي ليسوا السلف لخط تحدر البشر، فإنهم على الأرجح يشابهون السلف المشترك أكثر مما يفعل البشر. في العديد من النواحي، القرد الجنوبي العفاري متوسط بين البنيتين الشبه قردية والبشرية.

بعد القرد البشري الجنوبي العفاري ***A. afarensis***، يُظهِر السجل الأحفوري خليطاً مشوشاً من أنواع الــ **australopithecine** القرود الجنوبية البشرية الرشيقة تستمر حتى حوالي مليوني سنة ماضـــية. مفحوصـــةً حسب الترتيب الزمني، فإنها تُظهِر تقدماً نحو شكل بشري أكثر حداثة: يصير صف الأسنان أكثـــر بيـــضاوية، ويصير المخ أكبر، ويفقد الهيكل العظمي سماته شبه القردية.

ثم تصير الأمور أكثر فوضى، إذ تعين مليوني سنة ماضية الخط الفاصل بين المتحجرات الموضوعة في النـــوع **Australopithecus** القرود البشرية الجنوبية، والتي توضع في الجـــنس الأحـــدث **Homo**. لا ينبغـــي أن نحسب_رغم هذا_أن هذا التغير في الأسماء يعني أن شيئاً هاماً قد حدث أي نشأة "البشر الحقيقيين" فجأة. مـــا إذا كانت متحجرة تدعى باسم أو آخر يعتمد على مـــا إذا كانـــت لهـــا مـــخ أكـــبر (**Homo**) أم أصـــغر (**Australopithecus**)، عادة على حدٍ اعتباطيّ حوالي ستمئة سم مكعب. بعض متحجرات القرود البشرية الجنوبية، كـــ **A. rudolfensis** تبدو متوسطة للغاية في حجم المخ لدرجة أن العلماء يتجادلون باحتدام حول ما إذا كان ينبغي أن يُسمَّى **Homo** أم **Australopithecus**. تُضاعَف مشكلة التسمية هذه بحقيقة أنه حتى خلال نوع واحد نرى تنوعاً كبيراً في حجم الدماغ. (كمثال، يحتل البشر الحديثون مدى واسعاً جداً، بين ألف وألفي سم مكعب، والذي لا يرتبط_على ذكر الشيء_بالذكاء). لكن لا ينبغي أن تلهينا العقبـــات الدلاليـــة اللغوية عن إدراك أن القرود الجنوبية المتأخرة_الماشية على رجلين من قبل_كانت بدأت في إظهار تغـــيرات في الأسنان والجمجمة والمخ التي كانت بشيراً بالبشر الحديثين. إنه مرجح جداً أن خط التحـــدر الـــذي أدى إلى نشوء البشر الحديثين قد تضمَّن أحدَ هذه الأنواع.

كانت قفزةً عظيمة أخرى إلى الأمام في تطور الإنسان هي القدرة على صنع واستعمال الأدوات. رغـــم أن الشمبانزي يستعملون أدوات بسيطة، تتضمن عصياً لاستخراج النمل الأبيض من روابيـــه، فـــإن اســـتعمال أدوات متقنة أكثر على الأرجح تطلب أصابع إبهام أكثر مرونة ووضعية منتصبة حررت اليـــدين. كـــان أول إنسان صانع للأدوات على نحو مطلق هو الــ **Homo habilis** (الشكل التوضيحي ٢٧)، الـــذي تظهـــر بقاياه لأول مرة منذ حوالي ٢,٥ مليون سنة ماضية. تعني **Homo habilis** أي (الإنسان البـــارع يـــدوياً)، وترافق متحجراته تشكيلة من الأدوات الحجرية المرققة المستعملة في الضرب والقتال والذبح. لسنا متأكـــدين إن كان هذا النوع سلفاً مباشراً للإنسان الحكيم **Homo Sapiens**، لكن الإنـــسان البـــارع يـــدوياً **H. habilis** يُظهِر حقاً تغيرات نحو منزلة أكثر مشابهةً للإنسان، تتضمن أسناناً خلفية أقل ومخاً أكبر من الذي للــ **australopithecines** القرود البشرية الجنوبية. يُظهِر قالب لأحد الأدمغة انسجاماً في التـــضخم المتميـــز لمنطقة بروكا ومنطقة ويرنك **Broca's area and Wernicke's area**، وهما جزآن من الفص الأيـــسر

للمخ يرتبطان بإنتاج الكلام والإدراك. يُقيم هذان الانتفاخان احتمالية_تظل بعيدة عن التأكد_أن الـــ H. habilis كان أول نوع ذا لغة مُتكلَّمة. (صور ٣٤ في ملحق الصور)

إننا نعلم فعلاً أن الـ H. habilis قد تواجد سوياً _في الزمن إن لم يكن في نفس المكان كـــذلك_ مـــع حشد كامل من البشريين hominins الآخرين. أشهرهم البشريون "الأقوياء" أو الغلاظ robust (كنقـــيض للرشيقين gracile). هناك على الأقل ثلاثة أنواع من هؤلاء: الشبه بـــشري أو القـــرد البـــشري الجنـــوبي Paranthropus (or Australopithecus) bosei (الشكل التوضـــيحي ٢٥)، و P. robustus و P. aethiopicus، كلهم ذوو جماجم كبيرة، وأسنان ماضغة كبيرة (بعض الأضراس قطرهـــا بوصـــة تقريبـــاً)، وعظام قوية، وأدمغة صغيرة نسبياً. كان لديهم أيضاً عُرف متوسط للرأس: امتدادٌ من العظم فوق الجمجمـــة والذي ثبَّتَ عضلات مضغ ضخمة. (صور ٣٥ في ملحق الصور)

لقد تغذت هذه الأنواع الغليظة على الأرجح على الأطعمة الخشنة كالجـــذور وحبـــات البنـــدق والجـــوز والدرنات. (اكتُشِف النوع P.bosei من قبل Louis Leakey، وكان قد لُقِّبَ بـــــ "بالإنـــسان كاســـر البندق"). لقد انقرضت كل الأنواع الثلاث منذ ١,١ مليون سنة ماضية، غير تاركة متحدرين.

لكن H. habilis ربما قد عاش بجوار ثلاثة أنواع أخرى من البشريين Homo كـــذلك: H. ergaster, H. rudolfensis, and H. erectus، رغم أن كلاً من هذه الأنواع يُظهِر تبايناً كبيراً وعلاقاتهم مختلـــف عليها (صور ٣٦ في ملحق الصور). لقد حاز H. erectus (الإنسان منتصب القامة) سبقَ كونه أول بـــشري يغادر إفريقيا: لقد وُجِدت بقاياه في الصين (كإنسان بكين) وإندونيسيا (إنـــسان جـــاوة) وأوربـــا والـــشرق الأوسط. إنه مرجح أنه عندما انتشرت مجموعاته السكانية في إفريقيا، التمس H. erectus ببـــساطة أمـــاكن أخرى للحياة. (صور٣٧ في الملحق)

بوقت الشتات هذا، كان حجم دماغ الـ erectus مساوياً تقريباً للذي للبشر الحديثين. كانت هياكلـــهم العظمية متطابقة أيضاً تقريباً للتي لنا، رغم أنهم ظل لديهم وجه مسطح بلا ذقن (الذقن هي دمغة مميـــزة للـــ Homo sapiens الحديث). كانت أدواتهم معقدة، خاصة التي للـ erectus المتأخرين، الـــذين صـــمموا فؤوساً حجرية معقدة وكاشطات ذات ترقيق معقد. يبدو أن هذا النوع مسؤول أيضاً عن أحد أهم الأحداث في تاريخ الحضارة البشرية: التحكم في النار. ففي كهف بـ Swartkrans في جمهورية جنوب إفريقيا، وجد العلماء بقايا erectus بجوار عظام محروقة. عظام سُخِّنَت في درجة حرارة أعلى من أن تكون قد جاءت مـــن احتراق أجمات طارئ. هذه قد تكون بقايا حيوانات طُبِّخت على نار معسكر أو موقد.

كان الــ H. erectus نوعاً ناجحاً بدرجة عالية، ليس فقط في حجم مجموعاته السكانية بل وفي طول فترة وجوده. لقد كان لمليون ونصف مليون عام، مختفياً من السجل الأحفوري منذ حوالي ثلاثمئة ألف سنة. ربما يكون رغم ذلك قد ترك متحدرين شهيرين: H. heidelbergensis and H. neanderthalensis، يعرفان على الترتيب بـ "الإنسان الحكيم العتيق" archaic H. sapiens و"إنسان نندرثال" الشهير. كلاهما يُصنَّفان أحياناً كنوعين فرعيين (مجموعتين سكانيتين مختلفتين لكنهما متزاوجتان) من الـ H. sapiens، رغم أننا ليس لدينا فكرة عما إذا كانوا قد أسهموا في الحوض الجيني للبشر الحديثين[5]. *(صور ٣٨ و٣٩ في ملحق الصور).*

عائشاً في ما هو اليوم جرمانيا واليونان وفرنسا وكذلك إفريقيا، ظهر H. heidelbergensis أول مرة منذ نصف مليون عام، مُظهِراً خليطاً من صفات البشر الحديثين والإنسان المنتصب H.erectus. يصل النندرثاليون بعد ذلك منذ ٢٣٠ ألف سنة، وعاش في جميع أنحاء أوربا والشرق الأوسط. كان لهم أدمغة كبيرة_أكبر حتى من التي للبشر الحديثين_وكانوا صانعي أدوات متميزين، وصائدين ماهرين. تحمل بعض الهياكل العظمية آثار مغرة صبغية، وترافقها "سلع القبر" كعظام الحيوانات والأدوات. هذا يدل على أن بشر النندرثال قد دفنوا موتاهم شعائرياً، لعله أقدم لمحة لدين الإنسان.

لكن منذ حوالي ٢٨٠ ألف سنة، اختفت متحجرات النندرثاليين. عندما كنت طالباً، عُلِّمْتُ أنهم ببساطة تطوروا إلى البشر الحديثين. تبدو هذه الفكرة اليوم خاطئة. ما قد حدث لهم فعلاً هو أكبر مجهول على نحو قابل للجدل بشأن تطور البشر. ربما ترافق اختفاؤهم مع انتشار نوع آخر نشأ في إفريقيا: الإنسان الحكيم Homo sapiens. كما قد تعلمنا، فمنذ حوالي ١,٥ مليون سنة ماضية، انتشر Homo erectus على طول الطريق من إفريقيا إلى إندونيسيا. وضمن هذا النوع كانت هناك "فصائل" مختلفة، أي مجموعات سكانية تختلف في بعض صفاتها. (كمثال، كان الــ Homo erectus الصيني له أسنان قواطع مجرفية الشكل لا تُرى في أي مجموعات سكانية أخرى). ثم، منذ حوالي ستين ألف عام، اختفت كل المجموعات السكانية فجأة واستُبدِلَت بمتحجرات الــ Homo sapiens الحديث تشريحياً، والذي كان له هياكل عظمية مطابقة تقريباً مع التي للبشر الحديثين الأحياء. تماسَكَ النندرثال فترة أطول، لكن بعد ذلك، بعدما وجدوا معقلاً أخيراً لهم

---

٥ أثناء ترجمة الكتاب وردت الأخبار بثبوت صحة ذلك علمياً أخيرا بالنسبة لبشري النندرثال بعد فحوص حديثة على متحجراته وبقايا الحمض النووي بها_المترجم

في كهوف مطلة على مضيق جبل طارق، فقد أفسحوا الطريق للـ **H. sapiens** الإنسان الحكيم الحـــديث. بعبارة أخرى، فإن الإنسان الحكيم بوضوح قد أزاح كل بشري آخر على الأرض.

ماذا حدث؟ هناك نظريتان. أولهما تدعى النظرية "متعددة الأماكن"، تقترح إحلالاً تطورياً: أي أن الــ **H. erectus** (وربما **H. neanderthalensis**) قد تطوروا ببساطة إلى الــ **H. sapiens** الإنسان العاقل على نحو مستقل في مناطق عديدة، ربما لأن الانتخاب الطبيعي كان يعمل بنفس الطريقة في كل أنحاء آسيا وأوربــا وإفريقيا.

الفكرة الثانية تدعى بنظرية (الخروج من إفريقيا)[٤٧]، تقترح أن الــــ **H. sapiens** الحـــديث نـــشأ في إفريقيا وانتشر، مزيحاً جسدياً الإنسان منتصب القامة والنندرثال، ربما بالتفوق عليهم في التنافس على الغـــذاء أو بقتلهم.

يدعم الدليل الجيني والحفري نظرية (الخروج من إفريقيا)، لكن النقاش يستمر. لماذا؟ ربما لأن الأمر يتلخص في دلالة الأجناس. فكلما انتشرت المجموعات السكانية البشرية أكثر تراكمت الاختلافات الجينية التي ستكون لديهم أكثر. إن الفرضية متعددة المناطق_مع انفصال المجموعات السكانية خلال مليون ســـنة ماضـــية كمـــا تفترض_ستتنبأ بخمسة عشر ضعف الاختلاف الجيني بين الأجناس مما لو كان أسلافنا البشريون قد رحلوا مـــن إفريقيا منذ ستين ألف عام ماضٍ فقط. لكن سنتحدث أكثر عن الأجناس لاحقاً.

قد تكون إحدى المجموعات السكانية للبشريين **hominins** الأقدم نجت من الانقراض العـــالمي للإنـــسان منتصب القامة **H. erectus**، ولعلها أغرب الفروع في شجرة العائلة البشرية. اكتُشف في عام ٢٠٠٣م على جزيرة **Flores** في إندونيسيا أفراد من الإنسان الفلورسي **Homo floresiensis** لُقِّبـــوا فـــوراً بـــالأقزام **hobbits**، إذ كان طول البالغ منهم بالكاد متراً واحداً (٣١ بوصة)، وكان يزن الواحد منهم فقط ٥٠ رطلاً (٢٢,٥ كجم تقريباً) أي تقريباً حجم طفل بشري عمره خمس سنوات. كانت أدمغتهم أيضاً صغيرة على نحـــوٍ متناسب، بحجم أدمغة الــ **australopithecine** القرود البشرية الجنوبية تقريباً، لكن أســـنانهم وهياكلـــهم العظمية كانت على نحو غير قابل للجدل التي للبشريين **Homo**. لقد استعملوا أدوات حجرية وربما افترســـوا سحالي تنانين كومودو والفيلة القزمة التي سكنت الجزيرة. على نحو مدهش، تـــؤرَّخ متحجـــرات البـــشري الفلورسي **H. floresiensis** بثمانية عشر ألف سنة فحسب، تماماً بعد اندثار النندرثالي وبعد ٢٥ قرناً مـــن

وصول الإنسان الحكيم H. sapiens الحديث إلى أستراليا من قبل. أفضل التخمينات أن الفلورسيّ يمثِّل مجموعة سكانية معزولة من البشري منتصب القامة H. erectus استعمرت جزيرة Flores وبكيفية ما تجاوزهم انتشار الإنسان الحكيم الحديث. رغم أن الفلورسي كان على الأرجح طرفاً تطورياً مسدوداً، فإنه ليس عسيراً الافتتان بفكرة مجموعة سكانية جديدة من البشر الصغار الذين اصطادوا الفيلة القزمة بالرماح الصغيرة، وقد حاز الأقزام hobbits اهتماماً شعبياً واسعاً. (صورة ٤٠ في ملحق الصور)

لكن طبيعة متحجرات البشري الفلورسي H. floresiensis مختلَف عليها. جادل البعض بأن الحجم الصغير للجمجمة الوحيدة المحفوظة بشكل جيد ربما يمثل مجرد فرد معتل من الإنسان العاقل الحديث، ربما واحداً عانى من قماءة النقص الدرقي، وهي حالة تسبب جمجمة ودماغاً صغيراً على نحوٍ شاذ *(واقترح البعض أنهم مجموعة من الإنسان الحديث منتشر بها متلازمة لارون بالانحراف والانعزال الوراثي وهي خلل في مستقبلات هرمون النمو_المترجم)*. رغم ذلك، فالتحليل المعاصر لعظام معصم متحجرة يدعم أن البشري الفلورسي كان نوعاً أصيلاً من البشريين، لكن الأسئلة تبقى.

من ثم، ناظرين إلى الترتيب الكامل للعظام، ما الذي لدينا؟ أدلة واضحة غير قابلة للجدل على تطور البشر من أسلاف شبيهين بالقرود العليا. مسلِّمين بأننا لا يمكننا بعد تتبع خط تحدر متواصل من بشري مبكر شبيه بقرد علوي إلى الإنسان الحكيم الحديث. فالمتحجرات مبعثرة في الزمن والمساحة، سلسلة من النقاط إلا أنها متصلة الأنساب. وربما لن نحصل أبداً على متحجرات كافية لربطهم ببعضهم. لكن إن وضعت هذه النقاط في ترتيب زمني_ كما في الشكل ٢٤_ ترى بالضبط ما تنبأ به دارون: متحجرات تبدأ شبيهة بالقرود العليا وتصير أكثر فأكثر شبهاً بالبشر الحديثين كلما مر الزمن. إنها حقيقةٌ أن انفصالنا عن سلفنا المشترك مع الشمبانزي قد حدث في شرق أو وسط إفريقيا منذ حوالي سبعة ملايين سنة، وأن المشي على رجلين قد تطور قبل تطور الأدمغة الكبيرة تماماً. إننا نعلم أن خلال معظم تطور البشريين قد تواجدت أنواع عديدة في نفس الزمن، وأحياناً في نفس المكان. مُسلِّمين بصغر حجم المجموعات السكانية للبشريين وصعوبة تحجرهم (فلنتذكر، هذا يتطلب عادةً أن يجد الجسد طريقه إلى الماء ويُغطى سريعاً بالرواسب)، فإنه مدهش أن لدينا سجل بهذه الجودة. يبدو من المستحيل أن نتفحص المتحجرات التي لدينا وننكرَ أن البشر قد تطوروا.

رغم هذا فإن البعض لا زالوا يفعلون. عند تناول السجل الأحفوري البشري، يمضي الخلقيون في أقصى الالتفافات_ في الحقيقة هزلية تقريباً_ لتجنب الاعتراف بالواضح. في الحقيقة، هم حينئذٍ يفضِّلون تجنب

المسألة. لكن عندما يُجبَرون على مواجهتها، فهم ببساطة يصنفون متحجرات البشريين إلى ما يرونه كمجموعتين منفصلتين: البشر والقرود العليا، ويؤكدون أن هاتين المجموعتين منفصلتان بفجوة متسعة وغير قابلة للربط. هذا يعكس رؤيتهم المبنية على أساسٍ دينيّ أنَّ رغم أن بعض الأنواع ربما قد تطورت من أخرى، فإن البشر لم يفعلوا، بل كانوا موضع عمل خاص للخلق. لكن الحماقة الكاملة تُفتضَح بحقيقة أن الخلقيين لا يمكنهم الاتفاق على أي المتحجرات بالضبط "بشر" وأيهم "قرد علوي". فعينات الإنسان البارع يدوياً **H. habilis** والإنسان المنتصب **H. erectus**_على سبيل المثال_تُصنَّف كـ "قرود عليا" من قبل بعض الخلقيين وكـ"بشر" من قبل آخرين. حتى أن أحد المؤلفين قد وصف عينة إنسان منتصب القامة كقرد علوي في أحد كتبه وكبشر في كتاب آخر![٤٨] لا شيء يُظهِر توسطَ هذه المتحجرات أفضل من عدم قدرة الخلقيين على تصنيفها باتساق.

إذن، ما الذي دفع تطور البشر؟ إنه أسهل دوماً توثيق التغير التطوري من معرفة القوى التي وراءه. ما نراه في السجل البشري الأحفوري هو نشوء تكيفات معقدة كالوضع المنتصب والجماجم معادة التصميم، كلاهما تضمن الكثير من التغيرات المنسقة في التركيب البنيوي، لذا ليس هناك شك أن الانتخاب الطبيعي قد تُضُمِن. لكن أي نوع من الانتخاب؟ ماذا كانت الأفضليات التكاثرية الدقيقة للأدمغة الأكبر والوضع المنتصب والأسنان الأصغر؟ على الأرجح لن نعرف على نحو أكيد، ويمكننا فقط القيام بتخمينات معقولة تقريباً. يمكننا _رغم ذلك_أن نُكوِّن هذه التخمينات بمعرفة شيء عن البيئة التي تطور فيها البشر. فبين العشرة والثلاثة ملايين سنة ماضية، كان أكثر التغيرات البيئية عمقاً في شرق ووسط إفريقيا هو الجفاف. فخلال هذه الحقبة الحرجة من تطور البشريين صار المناخ تدريجياً أجف، وأُتبِع لاحقاً بحقب متعاقبة ومتغيرة من الجفاف وهطول الأمطار. (تأتي هذه المعلومة من حبوب اللقاح والغبار الإفريقي المبدد في المحيط والمحفوظ في الرواسب). أثناء الحقب الجافة تراجعت الغابات المطيرة أمام مواطن مفتوحة أكثر، متضمنة السافانا والأراضي العشبية والغابات المفتوحة وحتى الشجيرات القصيرة الصحراوية. هذه هي المرحلة التي بدأ فيها أول عمل لتطور البشر.

يعتقد كثير من علماء الأحياء أن هذه التغيرات في المناخ والبيئة كان لها علاقة بنشوء أول صفة بشرانية هامة: السير على رجلين. التفسير القديم أن المشي على رجلين مكّن البشر من السفر بفعالية من رقعة غابة إلى أخرى عبر موطن مفتوح جديد. لكن هذا يبدو غير مرجح، لأن دراسات المشية المنحنية وثنائية الأرجل تُظهر أن هذين الشكلين من التحرك لا يستعملان كميات مختلفة من الطاقة على نحو هام. يظل هناك حشد من الأسباب الأخرى لكون المشي المنتصب قد كان له أفضلية انتخابية. يمكن أن يكون_على سبيل المثال_قد

حرر اليدين لجمع وحمل الأنواع المتاحة الجديدة من الطعام، بما في ذلك اللحم والـــدرنات (*نباتـــات تؤكَـــل جذورها كالبطاطا والبطاطس_المترجم*). هذا قد يفسر أيضاً أسناننا الأصغر وبراعتنا اليدوية المتزايدة. يمكن أن يكون المشي المنتصب قد ساعدنا أيضاً على التعامل مع درجة الحرارة العالية برفع أجسادنا عن الأرض، مقللاً المنطقة السطحية المعرضة للشمس. لدينا غدد عرقية أكثر بكثير من أي قرد علوي آخـــر، وبمـــا أن الفـــراء يتعارض مع التبخر المبرد للعرق، فلعل هذا يفسر حالتنا الفريدة كـــ(قرود علوية جرداء). هناك حتى نظريـــة "قرد علوي مائي" بعيدة الاحتمال، تحاول البرهنة على أن البشريين الأوائل قضوا معظم وقتهم بـــاحثين عـــن الطعام في الماء، مع وضع منتصب تطور لإبقاء رؤوسنا فوق السطح. وكتاب **Jonathan Kingdon** عـــن المشية ثنائية الأرجل، بعنوان (الأصل المتواضع)، يصف نظريات أكثر بعداً. وبالتأكيد ليـــست هـــذه القـــوى التطورية متعارضة مع بعضها: ربما كان العديد منها مؤثِّراً سوياً. لسوء الحظ، لا يمكننا بعد التمييز بينها.

ينطبق نفس الأمر على تطور حجم المخ المتزايد. النظرية التكيفية القديمة هي أن حينما تحررت أيدينا بتطور المشي ثنائي الأرجل، صار البشريون **hominins** قادرين على صنع الأدوات، مؤدياً إلى الانتخاب للأدمغـــة الأكبر التي مكنتنا من تصور وصنع أدوات أكثر تعقيداً. تفيد هذه النظرية بأن أول أداة ظهرت حوالي الـــزمن الذي بدأت فيه الأدمغة تصير أكبر. لكنها تتجاهل ضغوطاً انتخابية أخرى بالنسبة إلى الأدمغة الأكبر والأكثـــر تعقيداً، بما في ذلك نشأة اللغة، وتفاوضات التعقيدات النفسية للمجتمع البدائي، والتخطيط للمستقبل، ومـــا إلى ذلك.

إلا أن هذه الألغاز حول كيفية تطورنا لا ينبغي أن تلهينا عن الحقيقة الغير متجادل عليها أننا قـــد تطورنـــا. حتى بدون المتحجرات، لدينا أدلة على تطور البشر من علم التشريح المقارن، وعلم الأجنة، وصفاتنا الأثريـــة، وحتى الجغرافيا الحيوية. لقد تعلمنا عن أجنتنا الشبيهة بالسمك، وجيناتنا الميتة، وغطائنا الجنيني المؤقـــت مـــن الفراء، وتصميمنا الرديء، كلٌ يشهد بأصولنا. إن السجل الأحفوري هو حقاً فقط الغطاء المُحلَّى **icing** على الكعكة.

ميراثنا الجيني

إن نكن لا نعلم بعد سبب جعل الانتخاب إيانا مختلفين عن القرود العليا، فهل يمكننا على الأقل اكتـــشاف كمية ونوعية الجينات الجاعلة إيانا مختلفين؟ لقد صارت جينات (الإنسانية) كأساً مقدسة مبحوثاً عنها تقريبـــاً لعلم الأحياء التطوري، مع الكثير من المعامل المشاركة في البحث. كانت أول محاولة للعثور عليها قيم بهـــا في

عام ١٩٧٥م من قبل Allan Wilson and Mary Claire King من جامعة University of California. كانت نتائجهما مدهشة. ناظرين إلى تسلسلات البروتين المأخوذة من البشر والشمبانزي، وجدا أنهما يختلفان في المتوسط بـ ١% فقط (العمل الأكثر معاصرةً لم يغير هذا الرقم كثيراً: ارتفع الاختلاف إلى حوالي ١,٥ %)

استنتج King and Wilson أن هناك تماثلاً جينياً كبيراً بيننا وألصق أقاربنا. لقد خمنا أن لعل تغيرات في جينات قليلة جداً فقط قد أحدثت الاختلافات التطورية المدهشة بين البشر والشمبانزي. كسبت هذه النتيجة ذيوعاً هائلاً في كل من الصحافة الشعبية والعلمية، إذ أنها تبدو أنها تنطوي على أن (الإنسانية) تقوم على مقدار ضئيل من الطفرات الهامة.

لكن العمل العلمي المعاصر يُظهر أن تشابهنا الجيني مع أبناء عمومتنا التطوريين ليس بدرجة القرب التي حسبناها تماماً. فلنأخذ هذا بعين الاعتبار: اختلاف ١,٥% في تسلسل البروتين يعني أننا عندما نَصُفّ نفس البروتين (مثلاً الهيموجلوبين) للبشر والشمبانزي، في المتوسط سنرى اختلافاً في واحد فقط من كل مئة حمض أميني. لكن البروتينات تتألف على نحو يميزها من عدة مئات من الأحماض الأمينية. بالتالي فإن اختلاف ١,٥% في بروتين من ثلاثمئة حمض أميني طولاً يُترجَم إلى حوالي أربعة اختلافات في تسلسل البروتين الكلي. (لاستعمال قياس تشبيهي، لو غيَّرتَ ١% فقط من الحروف في هذه الصفحة، فسوف تغير أكثر بكثير من ١% من الجمل). من ثم، فإن نسبة الـ١,٥% المقتبسة كثيراً تلك بين أنفسنا والشمبانزي هي في الحقيقة أكبر مما تبدو: أكثر بكثير من ١,٥% من بروتيناتنا تختلف بحمض أميني واحد على الأقل عن التسلسلات في الشمبانزي. وبما أن البروتينات أساسية لبناء والحفاظ على أجسادنا، فإن اختلافاً واحداً يمكن أن يكون له تأثيرات جوهرية ضخمة.

اليوم لأننا أخيراً قد كشفنا تسلسلات جينومي كلٍ من الشمبانزي والإنسان، يمكننا أن نرى مباشرة أن أكثر من ٨٠% من كل البروتينات المتشاركة من النوعين تختلف في حمض أميني واحد على الأقل. وحيث أن جينوماتنا لها حوالي ٢٥ ألف جين صانع بروتين، ذلك يُترجَم إلى اختلاف في التسلسل لأكثر من ٢٠ ألف منهم. هذا ليس اختلافاً تافهاً. بجلاء، تُميِّزنا أكثر من جينات قليلة. وقد وجد علماء التطور الجزيئي حالياً أن البشر والشمبانزي لا يختلفان فقط في تسلسل الجينات، بل أيضاً في وجود الجينات. فأكثر من ٦% من الجينات الموجودة في البشر ببساطة غير موجودة بأي شكل في الشمبانزي. هناك أكثر من ١٤٠٠ جين جديد

يُعبَّر في البشر لكن ليس في الشمبانزي. إننا نختلف أيضاً عن الشمابز[٦] في عدد نسخ الكثير من الجينات الـتي نتشاركها فعلياً. فكمثال، إنزيم الأميليز اللعابي **salivary enzyme amylase** يعمل في الفم لتحليل النـشا إلى سكر سهل الهضم. الشمابز لديهم نسخة واحدة فقط من الجين، بينما أفراد البشر لديهم مـا بـين ٢ إلى ١٦، بمتوسط ٦ نسخ. نتج هذا الاختلاف على الأرجح بالانتخاب الطبيعي ليساعدنا على هـضم طعامنـا، بسبب أن نظام البشر السلفيين الغذائي كان على الأرجح أغنى بالنشويات من الذي للقـرود العليـا أكلـة الفواكه.

جامعين هذا سوياً، نرى أن الاختلاف الجيني بيننا والشمابز يأتي في عدة أشكال، تغـيرات لـيس فقـط في البروتينات المُنتجَة من قِبَل الجينات، بل أيضاً في وجود أو غياب جينات، وعدد نسخ جينات، والوقت والمكان الذي تُعبَّر فيه الجينات خلال التطور الجنيني. لا يمكننا الادعاء من بعد أن (الإنسانية) تقوم على نـوع واحـد فقط من الطفرات، أو تغيرات في جينات رئيسية قليلة فقط. لكن هذا ليس مفاجئاً حقيقة لو فكرنـا بـشأن السمات الكثيرة التي تميزنا عن أقاربنا الأوثق. هناك اختلافات ليس فقط في التشريح، بل أيـضاً في وظـائف الأعضاء (إننا أكثر القرود العليا تعرقاً، والقرد العلوي الوحيد الذي تخفي إناثه التبويض. [(٤٩)]) ، والـسلوك (يرتبط البشر أزواجاً والقرود العليا الأخرى لا تفعل)، واللغة، وحجم الدماغ، والهيئة. (بالتأكيـد لابـد أن تكون هناك اختلافات كثيرة في كيفية اتصال الخلايا العصبية في أدمغتنا). من ثم، فرغم تشابهنا العام مع أبنـاء عمومتنا الرئيسيويين، فإن تطور بشر من سلف شبيه بالقرد العلوي تطلب على الأرجح تغيراً جينياً ضخماً.

هل يمكننا القول أي شيء بصدد الجينات المحدَّدة التي قد جعلتنا بشراً؟ حالياً، ليس الكثير جداً. مـستعملين الفحوصات الجينومية التي تقارن تسلسل الحمض النووي الكلي للشمابز والبشر، يمكننـا أن نميـز أصـناف الجينات التي قد تطورت سريعاً على الفرع البشري من انشقاقنا. هذا يصادف أن يشمل جينات متـضمنة في النظام المناعي، وتكون الأمشاج، وموت الخلية، و_الأكثر فتنة_الإدراك العصبي والتكوين العـصبي. لكنـها مسألة مختلفة كليةً حينما يتعلق الأمر بجين واحد ويُبرهَن أن الطفرات في ذلك الجين أحدثت حقيقةً اختلافـات بين الإنسان والشمابز. هناك جينات مرشحة لأن تكون من هذا النوع، تتضمن (**FOXP2**) الذي ربما تُضُمِنَ في نشأة كلام البشر.[(٥٠)] لكن الدليل غير حاسم، وربما يظل دوماً هكذا. يتطلب البرهان الحاسم على أن جيناً

---

٦ *جمع أقترحه للشمبانزي_المترجم*

معيناً يُحدِث اختلافات بين البشر والشمبانزي نقلَ الجين من أحد النوعين إلى الآخر ورؤية ما الاختلاف الذي يعمله، وهذا ليس نوع التجارب التي سيريد أي شخص أن يحاول عملها.[٥١]

السؤال الصعب عن الأجناس

مسافراً حول العالم، سرعان ما ترى أن البشر في الأماكن المختلفة يبدون مختلفين. لا أحد_على سبيل المثال_سيخطئ في التعرف على ياباني كفنلندي. إن وجود أنواع بشرية مختلفة على نحو مرئيّ واضحٌ، لكن ليس هناك حقل ألغام أكبر في علم أحياء الإنسان من السؤال عن الأجناس. يبقى معظم علماء الأحياء بعيدين عنه قدر ما يستطيعون. نظرة على تاريخ العلم تخبرنا السبب. فمنذ بدء علم الأحياء الحديث، مضى التصنيف الجنسي بترابط مع التحيز الجنسي. ففي تصنيفه للحيوانات العائد إلى القرن الثامن عشر، كتب **Carl Linnaeus** أن "الأوربيون يُحكَمون بالقوانين، والآسيويون يُحكَمون بالآراء، والأفارقة يُحكَمون بالنزوة". في كتابه الرائع (إساءة تقدير الإنسان) يُوثِّق **Stephen Jay Gould** العلاقة الفظيعة بين علماء الأحياء والجنس في القرن الأخير.

استجابةً لهذه الأحداث العارضة الكريهة من العنصرية، رد بعض علماء الأحياء بانفعال، مجادلين بأن الأجناس البشرية ليس لها واقع بيولوجي وهي مجرد "تركيبات" اجتماعية سياسية لا تستحق الدراسة العلمية. لكن لعلماء الأحياء، كان مصطلح الجنس_طالما أنه لم يُستعمَل للبشر_ دوماً مصطلحاً محترماً تماماً. إن الأجناس_تُدعى أيضاً (أنواع فرعية) أو (أنواع بيئية)_هي ببساطة مجموعات سكانية لنوع التي هي على حد سواء منتشرة جغرافياً ومختلفة جينياً في واحدة أو أكثر من الصفات. هناك وفرة من أجناس الحيوانات والنباتات، بما في ذلك تلك المجموعات السكانية من الفئران التي تختلف في لون الفراء فقط، والمجموعات السكانية لعصافير الدوري التي تختلف في الحجم والغناء، وأجناس النبات التي تختلف في شكل أوراقها. متبعين هذا التعريف، فإن الإنسان العاقل **Homo Sapiens** بجلاء له أجناس. وحقيقةُ كونه له هي مجرد دلالة أخرى على أن البشر لا يختلفون عن الأنواع المتطورة الأخرى.

يُظهر وجود أجناس مختلفة من البشر أن مجموعاتنا السكانية كانت منتشرة جغرافياً لفترة كافية للسماح بنشوء بعض الاختلاف الجيني. لكن ما مدى الاختلاف، وهل يتلاءم مع ما تدل عليه المتحجرات بشأن انتشارنا من إفريقيا؟ وأي نوع من الانتخاب قاد هذه الاختلافات.

وكما سنتوقع من التطور، يحدث التباين البشري الجسدي في مجموعات متداخلة، وبالرغم من الجهود المقدامة من قبل البعض لعمل تقسيمات أساسية للأجناس، فإن حيثما يضع المرء بالضبط خطاً لتمييز جنس محدد هو اعتباطي تماماً. ليس هناك حدود واضحة: لقد تراوح عدد الأجناس المعترف بها من قبل علماء السلالات البشرية ما بين ثلاثة إلى أكثر من ثلاثين. يُظهر النظر إلى الجينات على نحو أكثر جلاءً افتقاد الاختلافات الواضحة بين الأجناس: علمياً كل التباين المكتشَف بالتقنيات الجزيئية الحديثة يرتبط على نحو ضعيف فقط مع المجموعات التقليدية للسمات الجسدية كلون البشرة ونوع الشعر المستعملة عادة لتحديد الجنس.

يُظهر الدليل الجزيئي_متراكماً خلال الثلاثة عقود الأخيرة_أن حوالي ١٠ إلى ١٥% من كل التباين الجيني في البشر يُمثَّل بالاختلافات بين (الأجناس) التي تُدرَك بالاختلاف في المظهر الجسدي. باقي التباين الوراثي_٨٥ إلى٩٠%_يَظهر بين الأفراد ضمن الجنس الواحد.

ما يعنيه هذا أن الأجناس لا تُظهر اختلافات من نوع الكل أو اللا شيء في أشكال الجينات (الأليلات) التي يحملون. بالأحرى، لديهم عادة نفس الأليلات، لكن في تكرارات مختلفة. جين مجموعة الدم **ABO**_كمثال_ له ثلاثة أليلات: **A** و **B** و **O**. كل المجموعات السكانية البشرية تقريباً لديها هذه الأشكال الثلاثة، لكنها توجد في تكرارات مختلفة في الجموعات المختلفة. فكمثال، الأليل **O** له تكرار بنسبة ٥٤% في اليابانيين، و٦٤% في الفنلنديين، و٧٤% في الكونج جنوب الإفريقيين، و٨٥% في النافاجوس **Navajos**. هذا نمط نوع الاختلافات التي نرى في الحمض النووي: لا يمكنك أن تُشخِّص أصل شخص من جين واحد فقط، بل يجب عمل ذلك بالنظر إلى مجموعة من جينات كثيرة.

إذن، على المستوى الجيني فإن الكائنات البشرية متشابهة كثيراً على نحو كبير. ذلك تماماً ما ستتوقعه إذا كان البشر الحديثون قد غادروا إفريقيا من ستين أو مئة ألف سنة ماضية فقط. لقد كان هناك زمن قليل للاختلاف الجيني، رغم أننا قد انتشرنا إلى كل أنحاء العالم، متفرعين إلى المجموعات السكانية الواسعة الانتشار المتنوعة التي عُزِلَت جغرافياً حتى العقود المعاصرة.

إذن، هل يعني هذا أننا يمكننا رفض مفهوم الأجناس البشرية؟ كلا، لا تعني هذه النتائج أن الأجناس مجرد تنظيمات ذهنية، أو أن الاختلافات الجينية الصغيرة بينهم غير هامة. تعطينا بعض الاختلافات الجنسية أدلة

واضحة على الضغوط التطورية التي عَملَت في المناطق المختلفة، ويمكن أن تكون مفيدة في الطب، ففقـــر دم أو أنيميا الخلية المنجلية_على سبيل المثال_أكثر شيوعاً في السود الذين ينحدر أسلافهم من إفريقيا الاســـتوائية. لأن حاملي طفرة الخلية المنجلية لديهم بعض المقاومة للملاريا من نوع **flaciparium** (الأكثر إهلاكـــاً بـــين صور المرض)، إنه مرجح أن التكرر العالي لهذه الطفرة في المجموعات السكانية الإفريقية والعائدة بجـــذورها إلى إفريقيا ينتج عن الانتخاب الطبيعي استجابةً للملاريا. إن مرض تاي ساكس **Tay Sachs** (*خلـــل وراثـــي في التمثيل الغذائي لنوع من الدهون نتيجة نقص إنزيم معين مما يؤدي إلى تراكمه على نحو ضار في المخ والأنسجة ويؤدي إلى إخفاق النمو وإصابة العين والمخ بتليفات والموت_المترجم*) هو اعتلال جيني مميت شائع بين كلٍ من اليهود الأشكيناز و**Cajuns** لويزيانا، على الأرجح وصل إلى تكرارات عالية عـــبر الانجـــراف الـــوراثي في المجموعات السكانية السلفية الصغيرة. إن معرفة الانتماء العِرقي للفرد هو عونٌ كبير في تشخيص هذا المـــرض وغيره من أمراض مُسبَّبة جينياً. علاوة على هذا، فإن الاختلافات في التكرارات الأليليـــة بـــين المجموعـــات الجنسية يعني أن إيجاد متبرعي أعضاء مناسبين_وهو الأمر الذي يتطلـــب تلاؤمـــاً بـــين "جينـــات متوافقـــة" كثيرة_يجب أن يأخذ الجنس في الاعتبار.

معظم الاختلافات الجينية بين الأجناس تافهة. إلا أن أخرى_تلك الاختلافات الجسدية بين الأجناس كفـــرد ياباني وفنلندي وماساي وإنيوئت إسكيمو وشمال أفريقي_ مدهشة. إذن، لدينا الحالة المهمـــة أن الاختلافـــات الكلية في التكرارات الجينية بين الشعوب ثانوية، إلا أن نفس هذه المجموعات تُظهر اختلافات درامية في مجـــال الصفات الظاهرة على نحو مرئيّ، كلون البشرة ولون الشعر وشكل الجسد وشكل الأنف. هذه الاختلافـــات الجسدية الواضحة ليست مميزة للجينوم ككل. بالتالي لماذا قد تركز الكم الضئيل من الاختلاف الـــذي قـــد حدث بين المجموعات السكانية البشرية على مثل هذه الصفات المدهشة بصرياً؟

بعض هذه الاختلافات يكون لها منطق كتكيفات مع البيئات المختلفة التي وجد البشر القدماء أنفسهم فيها. البشرة الأدكن للمجموعات الاستوائية تزوِّد على الأرجح بحماية من الأشعة فوق البنفسجية الكثيفـــة الـــتي تسبب الورم القتاميني الجلدي، بينما البشرة الفاتحة لمجموعات خطوط العرض الأعلى تُمكِّن من اختراق الضوء الضروري لتركيب ڤيتامين D الأساسي، الذي يساعد على منع الكساح والسل.[٥٢] لكن ماذا عـــن ثنيـــات عيون الآسيويين، أو الأنوف الأطول للقوقازيين؟ هذان ليس لهما أي علاقة واضحة بالبيئة. حسب رأي بعـــض علماء الأحياء، فإن وجود تباين أكبر بين الأجناس في الجينات التي تؤثِّر على المظهر الجسدي، شيء يمكـــن أن يُفرَض بسهولة بالعشيرات المحتمَلات، مما يشير إلى شيء واحد: الانتخاب الجنسي.

بعيداً عن النمط المُميِّز للتباين الجيني، هناك دوافع أخرى لاعتبار الانتخاب الجنسي كقوة قائدة قوية لتطور الأجناس. إننا فريدون بين الأنواع لأن لدينا ثقافات معقدة متطورة. منحتنا اللغةُ قدرة كبيرة على نشر الأفكار والآراء. يمكن أن تغيِّر مجموعة من البشر ثقافتها أسرع بكثير مما يمكنها التطور جينياً. لكن التغير الثقافي يمكن أن يُحدِث تغيراً جينياً. تصور أن فكرة أو موضة منتشرة تتضمن مظهراً مفضلاً لرفيق المرء. كمثال، أن تكون امبراطورة في آسيا كان لها ولع بالرجال ذوي الشعر المسترسل والعيون لوزية الشكل. بخلق موضة، ينتشر تفضيلها ثقافياً لكل محكوماتها الإناث و_للعجب_خلال الزمن سيحل محل الأفراد جعد الشعر ومستديري العيون على نحو واسع الأفراد ذوو الشعر المسترسل والعيون لوزية الشكل. إنه ذلك (التطور الجيني الثقافي المشترك)، أي فكرة أن تغيراً في البيئة الثقافية يؤدي إلى أنماط جديدة من الانتخاب على الجينات، ما يجعل فكرة الانتخاب الجنسي للاختلافات الجسدية جذابة على نحو خاص.

علاوة، فإن الانتخاب الجنسي غالباً ما يمكنه العمل بسرعة لا تصدق، مما يجعله مرشحاً مثالياً لدفع التمايز التطوري السريع للسمات الجسدية التي حدثت منذ الهجرة الأحدث لأسلافنا من إفريقيا. بالتأكيد، كل هذا مجرد تخمين، ومن المستحيل تقريباً اختباره، لكنه على نحوٍ إمكانيّ يفسِّر اختلافات محيرة معينة بين المجموعات.

مع ذلك، فإن معظم الجدل بشأن الأجناس يتركز ليس على الاختلافات الجسدية بين المجموعات السكانية، بل السلوكية منها. هل قد جعل التطور أجناساً معينة تصير أذكى، أو أكثر رياضية، أو أكثر براعة من الأخرى؟ ينبغي أن نكون حذرين هنا على نحو خاص، لأن الادعاآت غير المثبتة في هذا النطاق يمكن أن تعطي العنصرية ختماً علمياً. إذن ما الذي تقوله المعطيات العلمية؟ لا شيء تقريباً. فرغم أن المجموعات السكانية المختلفة قد يكون لديها سلوكيات مختلفة، أو حواصل ذكاء مختلفة، أو قدرات مختلفة، فإنه عسير استبعاد إمكانية كون هذه الاختلافات منتجاً غير جيني للاختلافات البيئية أو الثقافية. إنْ نُرِدْ تحديد ما إذا تكون اختلافات محددة بين الأجناس قائمة على الجينات، فيجب أن نستبعد هذه العوامل المؤثرة. تتطلب مثل هذه الدراسات تجارب حاكمة: نقلُ الأطفال من أعراق مختلفة عن آبائهم وتربيتهم في بيئات متطابقة (أو عشوائية). ما يتبقى من اختلافات سلوكية سيكون جينياً. لأن هذه التجارب غير أخلاقية، فهي لم يُقَم بها نظامياً، إلا أن الاختيارت الثقافية المتقاطعة على نحو نادر تُظهر أن التأثيرات الثقافية على السلوك قوية. مثلما كتب عالم النفس Steven Pinker: *"إنْ تبنَّيتَ أطفالاً من جزء غير متطور تقنياً من العالم، فسوف يتهيؤون مع المجتمع الحديث على نحو رائع تماماً"*. هذا يقترح_على الأقل_أن الأجناس لا تُظهر اختلافات كبيرة متأصلة في السلوك.

تخميني_وهذا مجرد تخمين مبني على المعلومات_أن الأجناس البشرية أحدث بكثير من أن تكون قد طورت اختلافات هامة في الذكاء والسلوك. وليس هناك أي سبب للاعتقاد أن الانتخاب الطبيعي أو الجنسي قد أيّد هذا النوع من الاختلاف. في الفصل التالي سنتعلم عن السلوكيات (العالمية) الكثيرة المرئية في كل المجتمعات البشرية، سلوكيات كاللغة الرمزية، وخوف فترة الطفولة من الغرباء، والحقد، والإشاعات الشخصية والعاطفية، وإعطاء الهدايا. إن يكن لهذه السلوكيات العالمية أي أساس جيني، فإن وجودها في كل مجتمع يعطي وزناً إضافياً لوجهة النظر بأن التطور لم يُحدِث اختلافاً نفسياً هاماً بين المجموعات البشرية.

إذن، رغم أن سمات معينة كلون البشرة أو نوع الشعر قد اختلفت بين المجموعات السكانية، فإن هذا يبدو أنه حالات خاصة، قِيِدَت بالاختلافات البيئية بين المواقع أو بالانتخاب الجنسي للمظهر الخارجي. تُظهِر معطيات الحمض النووي_عموماً_أن الاختلافات الجينية بين المجموعات السكانية البشرية ثانوية. إنه أكثر من مجرد من ملاحظة تافهة مُسترضِية قول أننا كلنا إخوة وأخوات تحت الجِلد. وهذا ما كنا سنتوقعه مُسلِّمين بالفترة التطورية الوجيزة منذ أصلنا الأكثر حداثةً في إفريقيا.

ماذا عن الآن؟

رغم أن الانتخاب لا يبدو أنه قد أحدث اختلافات كبيرة بين الأجناس، فإنه قد أحدث بعض الاختلافات المثيرة بين المجموعات السكانية خلال المجموعات العِرقية. وبما أن هذه المجموعات السكانية حَدَثة تماماً، فهذا دليل واضح أن الانتخاب قد عمل في البشر خلال الأزمنة الأخيرة.

إحدى الحالات تتضمن قدرتنا على هضم اللاكتوز، وهو نوع من السكر يوجد في اللبن. إن إنزيماً يدعى الـ لاكتيز **Lactase** يحلل سكر اللاكتوز إلى سكري الجلوكوز والجلكتوز الأسهل امتصاصاً. إننا نولَد مع القدرة على هضم سكر اللبن_بالتأكيد_لأن ذلك هو الغذاء الرئيسي للرضع. لكن بعد أن نُفطَم، نتوقف تدريجياً عن إنتاج اللاكتيز. آخر الأمر، يفقد الكثير منا كلياً القدرة على هضم اللاكتوز، صائرين (قليلي التحمل للاكتوز) ويميلون للإسهال والانتفاخ والمغص بعد أكل المنتجات اللبنية. هذا الاختفاء للاكتيز بعد الفطام هو على الأرجح نتيجةَ الانتخاب الطبيعي: لم يكن لأسلافنا القدماء مصدر للحليب بعد الفطام، إذن لماذا إنتاج إنزيم مكلف عندما لا يكون له احتياج؟

لكن في بعض المجموعات السكانية البشرية، يستمر الأفراد في إنتاج اللاكتيز طوال فترى البلــوغ، مانحــاً إياهم مصدراً غنياً للتغذية غير متاح للآخرين. يتضح أن استمرار اللاكتيز ذلك يوجــد بالدرجــة الأولى في المجموعات السكانية التي كانت_أو لا تزال_رعوية، أي المجموعات السكانية التي تربي الأبقار. هذا يتــضمن بعض المجموعات السكانية الأوربية والشرق أوسطية، وكذلك الإفريقية كالماساي والتوتسي. يُظهر التحليــل الجيني أن استمرار اللاكتيز في هذه المجموعات السكانية يقوم على تغير بسيط في الحمض النووي الذي يُــنظِّم الإنزيم، مبقياً إياه عاملاً بعد الطفولة. فهناك أليلان من الجين: الشكل "المتحمل" (العامل) والــشكل "الغــير متحمل" (المطفأ)، وهما يختلفان في حرف واحد فقط من شفرهما الحمض نووية. يرتبط تكرر الأليل المتحمــل تماماً مع ما إذا تكون المجموعات السكانية تستعمل الأبقار: فهــو مرتفــع (٥٠ إلى ٩٠%) في المجموعــات السكانية الرعوية في أوربا والشرق الأوسط وإفريقيا، ومنخفض جداً (١ إلى ٢٠%) في المجموعات السكانية الآسيوية والإفريقية التي تعتمد على الزراعة بدلاً من الحليب.

يُظهِر الدليل الأثريّ أن البشر بدؤوا في تدجين الأبقار منذ ما بين سبعة إلى تسعة آلاف سنة في الــسودان، وانتشرت الممارسة إلى إفريقيا جنوبي الصحراء الكبرى وأوربا بعد آلاف قليلة من السنوات لاحقــاً. الجــزء اللطيف من هذه القصة أننا يمكننا_من قراءة تسلسل الحمض النووي_ تحديد متى نــشأ الجــين "المتحمــل" بالتطفر. ذلك الوقت_ما بين ثلاثة إلى ثمانية آلاف سنة ماضية_يتلاءم إلى حد بعيد تماماً مع نشأة الرعي. ما هو أكثر لطافة هو أن الحوض النووي المُستخرَج من هياكل عظمية أوربية عمرها سبعة آلاف عام أظهر أنهم كانوا غير متحملين للاكتوز، كما نتوقع لو كانوا ليسوا رعويين بعد.

تطور تحمل اللاكتوز هو مثال رائع آخر للتطور الجيني الثقافي المشترك. أحدَثَ مجرد تغــير ثقــافي (تربيــة الأبقار، ربما لأجل اللحم) فرصة تطورية جديدة: القدرة على استعمال تلك الأبقار لأجل الحليب. مــسلِّمين بالتوفر الفجائي لمصدر جديد غني للغذاء، لابد أن الأسلاف الحائزين جينَ التحمل قد كان لهم أفضلية تكاثرية هامة عن الذين يحملون جين عدم التحمل. في الحقيقة، يمكننا أن نحسب هذه الأفضلية بإدراك مدى الــسرعة التي ازداد بها جين التحمل إلى نسبة التكرارات المرئية في المجموعات السكانية المعاصرة. يتــضح أن الأفــراد متحملي اللاكتوز لابد أنهم قد أنجبوا _بالمتوسط_٤ إلى ١٠% نسلاً أكثر من الذين كــانوا غــير متحملــي اللاكتوز. هذا انتخاب قوي مناسب.[٥٣]

أي شخص يُدَرِّس تطور البشر يُسأَل بشكل حتمي: هل لا نزال نتطور؟ إن مثالَيْ تحمل اللاكتوز وتضاعف إنزيم الأميليز يظهران أن الانتخاب قد عمل على نحو مؤكد خلال آلاف السنوات القليلة الأخيرة. لكن ماذا عن الآن تماماً؟ إنه صعبٌ إعطاء إجابة جيدة. بالتأكيد الكثير من أنواع الانتخاب التي واجهت أسلافنا لم تعد تنطبق: فالتطورات في التغذية، وإجراآت حماية الصحة العامة، والرعاية الطبية قد تخلصت من كثير من الأمراض والظروف التي أهلكت أسلافنا، مزيلةً مصادر فعالة للانتخاب الطبيعي. كما يكتب عالم الوراثة البريطاني **Steve Jones** أن منذ خمسمئة سنة ماضية كان للطفل البريطاني احتمال ٥٠% فقط للبقاء حياً إلى سن الإنجاب، وهو الرقم الذي قد ارتفع اليوم إلى ٩٩%. وبالنسبة للذين قد بقوا أحياء، مكَّن التدخل الطبي الكثيرين من عيش حياة طبيعية من الذين كانوا سيُغربَلون بقسوة بالانتخاب خلال معظم تاريخنا التطوري. كم عدد الناس ذوي العيون أو الأسنان أو الأجساد المريضة، غير قادرين على الصيد أو المضغ، كانوا سيهلكون على السافانا الإفريقية؟ (كنتُ بالتأكيد لأكون بين غير الملائمين). كم منا أصيبوا بعدوى كانت بدون المضادات الحيوية ستقتلنا؟ إنه مرجحٌ أننا_بسبب التغير الثقافي_نمضي إلى مستوى أدنى جينياً في الكثير من النواحي. بمعنى أن الجينات التي كانت قديماً مؤذية لم تعد سيئة هكذا (يمكننا أن نعوض الجينات السيئة بزوج بسيط من العدسات أو طبيب أسنان جيد، ويمكن أن تستمر هذه الجينات في المجموعات السكانية).

على نحو معكوس، فإن الجينات التي كانت مفيدة قديماً، قد يكون لها اليوم_بسبب التغير الثقافي_تأثيرات هدامة. فحبنا للحلويات والدهون _كمثال_ربما قد كان تكيفياً تماماً في أسلافنا، الذين كانت مثل هذه المتع بالنسبة لهم مصادر قيمة لكن نادرة للطاقة.[٥٤] لكن هذه الأغذية التي كانت نادرة قديماً هي اليوم متاحة بسهولة، لذا يجلب علينا ميراثنا الجيني خراب الأسنان، والبدانة، ومشاكل القلب. أيضاً، ميلنا للسقوط في البدانة بسبب الغذاء الثري ربما كان أيضاً تكيفياً خلال الأزمنة عندما أحدث التباين في وفرة الأطعمة المحلية حالة "عيد أو مجاعة" معطياً أفضلية انتخابية لمن كانوا قادرين على تخزين سعرات حرارية للأوقات القاحلة.

هل يعني هذا أننا نتدهور تطورياً حقاً؟ إلى درجة ما، نعم، لكننا على الأرجح أيضاً نصير أكثر تكيفاً مع البيئات الحديثة التي كوّنت أنواعاً جديدة من الانتخاب. يجب أن نتذكر أن طالما هناك ناس يموتون قبل توقفهم عن الإنجاب، وطالما هناك بعض الناس يتركون نسلاً أكثر من الآخرين، فهناك فرصة للانتخاب الطبيعي ليحسننا. وإن يكن هناك تباين جيني يؤثر على قدرتنا على البقاء أحياء وترك الأطفال، فسوف يُعزِّز تغيراً تطورياً. هذا حادثٌ اليوم بالتأكيد. فرغم أن معدل وفيات قبل الإنجاب منخفض في بعض المجموعات السكانية

الغربية[٧]، فإنه عالٍ في أماكن أخرى كثيرة، خاصةً إفريقيا، حيث يمكن أن يفوق معدل وفيات الأطفــال الـــ ٢٥%. وغالباً ما يتسبب في تلك الوفاة الأمراض المعدية كالكولرا وحمى التيفوئيد والسل. تــستمر أمــراض أخرى _كالملاريا ونقص المناعة المكتسبة AIDS_في قتل الكثير من الأطفال والبالغين في العمر الإنجابي.

أسباب الوفاة موجودة، وكذلك الجينات التي تقل منها. فالأليلات المتباينــة لــبعض الإنزيمــات، كمثــال الهيموجلوبين، على نحو جدير أليل أنيميا الخلية المنجلية_يمنح مقاومــةً للملاريــا. وهنــاك أحــد الجينــات المُطفَّرة_أليل يُدعى CCR-Δ32_ يُزوِّد حامليه بحماية قوية ضد العدوى بفيرس الــ AIDS. يمكننا التنبؤ أن الإيدز إنْ يستمر كسبب هام للوفاة، سيرتفع معدل تكرر هذا الأليل في المجموعات السكانية المــصابة. هــذا تطورٌ، بنفس درجة التأكد في مقاومة المضادات الحيوية في البكتريا. وهناك بلاشك أسباب أخــرى للوفــاة لا نفهمها على نحو كامل: التوكسينات toxins *(السميات المضادة للجراثيم، وهي مواد دفاعية تزيد الأجــسام المضادة والمضادة للسموم لكنها سامة_المترجم)*، والتلوث، والإجهاد العصبي، والحب. إن كنا قد تعلمنــا أي شيء من تجارب التربية، فهو أن كل نوع تقريباً لديه تباين جيني للاستجابة لأي شكل من الانتخاب تقريبــاً. على نحو بطيء ومستمر وغير مرئي، يتكيف جينومنا مع أسباب جديدة كثيرة للوفاة. لكن ليس كل ســبب. الحالات التي لها أسباب جينية وبيئية على حد سواء_بما في هذا السمنة والسكر وأمــراض القلــب_قــد لا تستجيب لانتخابٍ لأن الوفاة التي تسببها تحدث على الأغلب بعد توقف ضحاياها عن الإنجاب. بقاء الأكثــر ملاءمة مترافق مع بقاء الأكثر سمنة.

لكن الناس لا يهتمون بتلك الكثرة بشأن مقاومة الأمراض، مهما كانت أهميتها. إنهم يريدون معرفة مــا إذا يكون البشر يصيرون أقوى، أو أذكى، أو أبرع. ذلك_بالتأكيد_يعتمد على ما إذا تكــون هــذه الــسمات مترافقة مع تكاثر تفاضلي، وهذا ما لا نعلمه تماماً. وهو لا يهم كثيراً. في تغيرنــا الثقــافي الــسريع، تعــزِّز التطوراتُ الاجتماعية قدراتنا أسرعَ بكثير من أي تغير في جيناتنا. إلا إذا_يعني_قررنا سمكرة تطورنا من خلال التلاعب الجيني، كالاختبار المُسبَق لحيوانات منوية وبييضات مفضلة.

من ثم، فإن الدرس من السجل الأحفوري البشري، مشتركاً مع أحدث الاكتــشافات في علــم الوراثــة *(الجينيات)* البشري، يؤكدان أننا ثدييات متطورة، باعثة على الفخر وبارعة بالتأكيد، لكن الثــدييات بُنِيَــتْ بنفس العمليات التي حوَّلت كل أشكال الحياة خلال مليارات السنوات القليلة الماضية. وككل الأنواع، فإننا

٧ وغيرها في بعض من آسيا والشرق الأوسط و إفريقيا...إلخ_المترجم

لسنا منتَجاً نهائياً للتطور، بل عملٌ في تقدم، رغم أن تقدمنا الجيني قد يكون بطيئاً. ورغم أننا قطعنا شوطاً بعيداً عن القرود العليا السلفية، فإن علامات ميراثنا تظل تشي بأصلنا. يمزح **Gilbert and Sullivan** بقولهما أننا مجرد قرود مُزالة الشعر، لم يكن دارون بمثل هذا الظرف لكن أكثر عاطفيةً ودقة:

"لقد قدّمتُ الأدلة بأفضل ما في قدرتي، ويجب أن ندرك_كما يبدو لي_أن الإنسان بكل صفاته النبيلة، ومع التعاطف الذي يشعر به اتجاه الأكثر انحطاطاً، ومع الخيرية التي تمتد ليس فقط إلى البشر بل وإلى أوضع كائن حي، ومع عقله الذي على شاكلةٍ إلهيةٍ الذي قد أدرك حركات وبناء النظام الشمس، مع كل هذه القوى المجيدة، لا يزال الإنسان يحمل في إطاره الجسدي الطابع غير قابل المحو لأصله المتواضع."

تشارلز دارون، من خاتمة كتاب نشأة الإنسان.

الفصل التاسع والأخير

التطور عودةٌ على ذي بدءٍ

"بعد السبات خلال مئة مليون سنة قد فتحنا عيوننا أخيراً على كوكب فخيم، متألق بالألوان، وافر بالحياة. خلال عقودٍ ينبغي أننا سنغلق عيوننا مجدداً. أليس سبيلاً نبيلاً ومستنيراً أن نقضي عمرنا القصير تحت الشمس، للعمل على فهم الكون وكيف جئنا لنحيا فيه؟ هذه هي كيفية إجابتي عندما أُسأل_كما يحدث كثيراً على نحوٍ مدهش_لماذا أقلق للنهوض في الصباحات؟"

***Richard Dawkins** في كتابه (تفكيك قوس قزح)*

منذ سنوات قليلة ماضية، دعاني مجموعة من رجال الأعمال في ضاحية مترفة من شيكاجو للتحدث في موضوع التطور مقابل التصميم الذكي. فكمفخرة لهم، قد كانوا فضوليين بعقلانية كفاية لأن يريدوا التعلم أكثر بشأن "المناظَرة" المفترَضة. لقد بينت الأدلة على التطور ثم شرحت سبب كون التصميم الذكي تفسيراً دينياً بدلاً من علميّ للحياة. بعد الحديث، اقترب مني عضوٌ من الجمهور وقال: "لقد وجدتُ أدلتَكَ على التطور مقنعة جداً، لكني لا أزال لا أعتقد به."

تختصر هذه العبارةُ في كبسولةٍ الغموضَ العميق والمنتشر باتساع الذي يشعر به الكثيرون بصدد علم الأحياء التطوري. الأدلة مقنعة، لكنهم غير مقتنعين. كيف يمكن أن يكون هذا؟ المجالات الأخرى في العلم غير مبتلاة بمشاكل كهذه. إننا لا نرتاب في وجود الإلكترونات أو الثقوب السوداء، رغم حقيقة أن هذه الظواهر خارجة أكثر بكثير عن الخبرات اليومية من التطور. فبالنهاية، يمكنك أن ترى المتحجرات في أي متحف للتاريخ الطبيعي، ويمكننا القراءة باستمرار عن كيفية تطوير البكتريا والفيروسات المقاومةَ للعقاقير. إذن فما المشكلة مع التطور؟

ما هو ليس بالمشكلة الافتقادُ إلى الأدلة. فبما أنك قد قرأتَ وصولاً إلى هنا، فإني آمل أنك قد أُقنِعْتَ بــأن التطور أكثر بكثير من فرضية علمية: إنه حقيقة علمية. لقد نظرنا إلى الأدلة من مجــالات كــثيرة: الــسجل الأحفوري، والجغرافيا الحيوية، وعلم الأجنة، والبنيات الأثرية، والتصميم الأقل من الأمثل، وما إلى ذلك. كل تلك الأدلة تبرهن_دون ذرة من الشك_أن الكائنات قد تطورت. وهو ليس مجرد تغيرات "تطورية صــغيرة" ضئيلة، بل بالأحرى: لقد رأينا تكون أنواع جديدة، سواء في وقت الملاحظة أو في السجل الأحفوري، ولقــد وجدنا أشكالاً انتقالية بين المجموعات الرئيسية، كالحيتان والحيوانات البرية، والطيور والزواحف، والبرمائيات والأسماك. لقد لاحظنا الانتخاب الطبيعي عاملاً، ولدينا كل الأسباب للاعتقاد أنه يمكــن أن يُنــتِج أعــضاءً وصفاتٍ معقدة.

لقد رأينا أيضاً علم الأحياء التطوري يقوم بتنبؤات قابلة للاختبار، رغم أنه ليس بالتأكيــد بمعــنى التنبــؤ بالكيفية التي سوف يتطور بها كائن معين، لأن ذلك يعتمد على عدد ضخم من العوامل المتقلِّبة، كأي الطفرات ستطرأ وكيف ستتغير البيئات. لكننا يمكننا التنبؤ بأين سيُعثَر على المتحجرات (خذ مثلاً تنبؤ دارون أن أسلاف البشر سيُعثَر عليهم في إفريقيا)، يمكننا التنبؤ بوقت نشوء الأسلاف المشتركين (على سبيل المثــال، اكتــشاف "السمكة رباعية الأرجل" التِكتاليك **Tiktaalik** في صخور عمرها ٣٧٠ مليون عام، كما وُصِفَ في الفــصل الثاني). تنبأ العلماءُ بأنهم سيعثرون على متحجرات للثدييات الجِرابية في القارة القطبية الجنوبية، وقد فعلــوا. يمكننا التنبؤ أننا إنْ نجد نوع حيوانٍ فيه الذكور ملونة على نحو وضيء بينما الإناث ليست كذلك، فإن النوع سيكون له نظام تزاوج متعدد الزوجات.

كل يوم، تنهمر مئات الملاحظات والخبرات إلى قادوس الأدب العلمي. الكثير منها ليس له كــبيرُ علاقــةٍ بالتطور_إنها ملاحظات بشأن تفاصيل علم وظائف الأعضاء، والكيمياء الحيوية، والتطور الجنــيني، ومــا إلى ذلك_لكن كثيراً منها له علاقة. وكل حقيقة لها بعض العلاقة مع التطور تؤكِّد حقيقتَه. كل متحجرة نجــدها، كل جزيء حمض نووي نقرأ تسلسله، كل جهاز عضوي نُشرِّحه، يدعم فكرة أن الأنواع تطورت من أسلاف مشتركين. رغم الملاحظات الممكنة التي لا تُحصى التي كانت لتبرهن أن التطور غير صحيح، فإننا ليس لــدينا واحدة مفردة. إننا لا نجد متحجرات ثدييات في صخور العصر قبل الكامبري، أو بــشر في نفــس طبقــات الديناصورات، أو أي متحجرات أخرى خارج الترتيب التطوري. يدعم تسلسلُ الأحماض النووية العلاقــاتِ التطورية للأنواع المستنتَجة أصلاً من السجل الأحفوري و_كما يتنبأ الانتخاب الطبيعي_لا نجد أنواعاً ذوات تكيفات تفيد أنواعاً مختلفة فقط. إننا نجد بالفعل جينات ميتة وأعضاء أثرية، مبهمة تحت فكرة الخلق الخــاص.

رغم مليون فرصة لأن يكون خطأً، يكون التطور دوماً صحيحاً. هذا أحكم ما يُمكننا الحصول عليه لحقيقةٍ علمية.

الآن، حينما نقول أن (التطور حقيقة)، فما نعنيه هو أن الاعتقادات الأساسية للنظرية الداروينية قد أُثْبِتَتْ: الكائنات تطورت، لقد حدث هذا تدريجياً، تنقسم خطوط التحدر إلى أنواع مختلفة من أسلاف مشتركين، والانتخاب الطبيعي هو المحرك الرئيسي للتكيف. لا عالِمَ أحياء محترم يرتاب في هذه الافتراضات. لكن هذا لا يعني أن نظرية التطور مستنفدة علمياً، دون شيء متروك للفهم. بعيداً عن ذلك، فإن علم الحياء التطوري زاخر بالأسئلة والخلافات: كيف يعمل الانتخاب الجنسي بالضبط؟ هل تختار الإناثُ الذكورَ ذوي الجينات الجيدة؟ ما مدى الدور الذي يلعبه الانجراف الجيني (كنقيضٍ للانتخاب الطبيعي والجنسي) في تطور تسلسلات الحمض النووي أو سمات الكائنات؟ أي البشريين المتحجرين على خط التحدر المباشر إلى الإنسان الحكيم Homo Sapiens؟ ما الذي سبَّبَ "الانفجار" الكامبريّ للحياة، الذي نشأ فيه الكثير من الأنواع الجديدة من الحيوانات خلال ملايين قليلة من السنوات؟

ينتهز ناقدو نظرية التطور هذه الخلافات، مجادلين بأنها تبرهن أن شيئاً ما خطأ في نظرية التطور نفسها. لكن هذا خادع. فليس هناك خلاف بين علماء الأحياء المحترمين بصدد الدعاوى الرئيسية للنظرية التطورية، بل فقط بصدد تفاصيل كيفية حدوث التطور، وبصدد الأدوار النسبية للآليات التطورية العديدة. فبعيداً عن التشكيك بالتطور، فإن "الجدالات" هي في الحقيقة علامة على مجال مزدهر مهتز بالحياة. ما يتقدم بالعلم هو الجهالة، والنقاش، واختبار النظرياتِ البدائلِ بالملاحظات والخبرات. علمٌ بدون جدلٍ هو علمٌ بدون تقدم.

عند هذه النقطة كان يمكنني القول ببساطة: "لقد قدّمتُ الأدلة، وهي تبرهن أن التطور حقيقة. وهو المطلوب إثباته." لكني كنت سأكون كسولاً لو فعلت ذلك، لأن_كرجل الأعمال الذي لاقيته بعد محاضرتي_الكثير من الناس يطلبون أكثر من مجرد الأدلة قبل أن يقبلوا التطور. بالنسبة إلى هؤلاء الناس، يطرح التطور أسئلة عميقة للغاية كالغاية والأخلاق، وهو ما يعني أنهم لا يستطيعون فحسب قبوله ولا يهم كمّ الأدلة التي يرونها. إنه ليس أننا تطورنا من قرود عليا ما يقلقهم كثيراً، بل النتائج العاطفية لمواجهة تلك الحقيقة. وحتى نعالج هذه الشؤون، لن نتقدم في جعل التطور حقيقة مُسلَّم بها عالمياً. كما كتب الفيلسوف الأمركي Michael Ruse: *"لا أحد يؤرقه القلق بشأن الفجوات في السجل الأحفوري. بل الكثير من الناس يؤرقهم*

القلق بشأن الإجهاض والمخدرات وذبول نظام الأسرة وزواج الشواذ وكل الأشياء الأخرى التي هي نقيض لما يُسمَّى بـ "القيم الأخلاقية""

تعبِّر **Nancy Pearcey**، وهي فيلسوفة محافظة ومؤيدة للتصميم الذكي عن هذا الخوف الشائع:

"لماذا يهتم العامة على نحو عاطفي للغاية بصدد نظرية لعلم الأحياء؟ هذا لأن الناس يشعرون حدسياً أن ما هو على المحك أكثر من نظرية علمية. إنهم يعلمون أنه حينما يُدَرَّس التطور الطبيعي في الفصول المدرسية العلمية، فإن رؤية طبيعانية للأخلاق ستُدَرَّس بالتوازي الفصول المدرسية للتاريخ، والفصول المدرسية لعلم الاجتماع، والفصول المدرسية لقيم الأسرة، وفي كل مجالات المنهج المدرسي."

تجادل **Pearcey** (والكثير من الخلقيين الأمركيين يوافقوانها) أن كل الشرور المدرَكة للتطور تأتي من رؤيتين للعالم هما جزءٌ من العلم: الطبيعانية والمادية. الطبيعانية هي رؤية أن السبيل الوحيد لفهم كوننا هو من خلال الوسيلة العلمية. والمادية هي عقيدة أن الحقيقة الوحيدة هي المادة الفيزيائية للكون، وأن كل شيء آخر، بما في هذا الاعتقادات، والإرادة، والعواطف يأتي من قوانين فيزيائية عاملة على المادة. إن رسالة التطور _وكل العلم_ هي مادية طبيعانية.

تخبرنا نظرية التطور أن الكائنات البشرية_ككل الأنواع_نشأت من عمل القوى العمياء غير الغائية خلال دهور من الزمن. بقدر ما يمكننا أن نقرر أن نفس العمليات التي قد أدت إلى نشوء السراخس والفطر والسحالي والسناجب قد أنتجتنا أيضاً. وبعد، فإن العلم لا يمكنه استبعاد إمكانية التفسير الخارق للطبيعة تماماً. فمن الممكن_رغم أنه غير مرجح للغاية_أن كل عالمنا يتحكم به الجن الصغار. لكن تفسيرات خارقة للطبيعة كهذه هي ببساطة غير محتاج لها أبداً: لقد نجحنا في فهم العالم الطبيعي على نحوٍ ممتاز تماماً مستعملين العقلانية والمادية. علاوة على ذلك، تعني التفسيرات الخارقة للطبيعة دوماً نهاية التساؤل: ذلك هو النحو الذي أراده الله لهذا، نهاية القضية. بينما العلم_على الجانب الآخر_ لا يُشبَع أبداً: سوف تستمر دراساتنا عن الكون حتى الانقراض.

لكن اعتقاد **Pearcey** أن دروس التطور هذه سوف تنسكب على نحو حتمي على دراسة الأخلاق والتاريخ و(روح العائلة) ليس يدق ناقوس الخطر أو المخاوف بالضرورة. كيف يمكنك أن تستمد المغزى أو

الغاية أو الأخلاق من التطور؟ لا يمكنك. التطور هو ببساطة نظرية عن عمليات وأنماط استنواع أشكال الحياة، لا نظام فلسفي كبير بشأن معنى الحياة. فلا يمكنه إخبارنا ما علينا فعله، أو كيف ينبغي أن نسلك. وهذه هي المشكلة الكبيرة بالنسبة إلى الكثير من المؤمنين، الذين يريدون أن يجدوا في قصة أصولنا سبباً للوجود، ومعنى لكيفية السلوك.

معظمنا محتاجٌ حقاً إلى المعنى والغاية والإرشاد الأخلاقي في حياتنا. فكيف نجدهم إن قبلنا أن التطور هو القصة الحقيقية لنشأتنا؟ هذا السؤال خارج مجال العلم. لكن التطور لا يزال يمكنه إلقاء بعض الضوء على ما إذا تكون أخلاقنا مُقيَّدة بوراثتنا. إن تكن أجسادنا مُنتَجَ التطور، فماذا عن سلوكنا؟ هل نحمل التراث النفسي لملايين سنواتنا على السافانا الإفريقية؟ وإن يكن كذلك، فإلى أي مدى يمكننا التغلب عليه؟

الطبيعة الحيوانية بداخلنا

من الاعتقادات الشائعة بصدد التطور أننا لو سلَّمنا بأننا ثدييات متطورة فقط، فلن يكون هناك شيء يمنعنا من السلوك كالبهائم. ستخرج الأخلاق من النافذة، وسيسود قانون الغابة. هذه هي "الرؤية الطبيعانية للأخلاق" التي تخشى **Nancy Pearcey** أنها سوف تعم مدارسنا. مثلما تقول الأغنية القديمة لـ **Cole Porter**:

إنهم يقولون أن الدببة لها شؤون عاطفية
وحتى الجِمال
نحن_البشر والثدييات_فلنسئِ السلوكَ!

نسخة أكثر حداثة من هذا الاعتقاد أسسها عضو الكونجرس السابق **Tom Delay** في عام ١٩٩٩م_ملمحاً أن مذبحة مدرسة ثانوية **Columbine High School** في كولورادو **Colorado** ربما كان لها جذور داروينية، قرأ **Delay** بصوت عالٍ في قاعة كونجرس (*الهيئة التشريعية*) الولايات المتحدة الأمركية من جريدة تكساسية تقترح_بشكل تهكمي_أن: *"لا يمكن أن تكون "المذبحة" قد كانت بسبب أنظمتنا المدرسية التي تدرِّس الأطفال أننا لا شيء سوى قرود عليا مُبجَّلة قد طُوِّرَت من حساء بدائي ما من الطين."* في كتابها الحائز أفضل المبيعات (الملحد: كنيسة الليبرالية)، الناقدة المحافظة **Ann Coulter** أكثر صراحةً بكثير، تدعي

أن_بالنسبة للتحرريين *(أو الليبراليين)*_التطور: *"يَحِلّهم أخلاقياً. افعل أياً ما شعرتَ برغبة في فعله. لوِلب (عاشرِ بعامية أمركية سوقية_المترجم) سكرتيرَتَكَ، اقتل جدتك، أجهض طفلك المعاق، فداروين يقول أن هذا سيفيد البشرية!"*

داروين_الذي لم يقل شيئاً من هذا النوع قط_كان سيكون مروعاً.

لكن هل يدعي علم الأحياء التطوري الحديث حتى أننا معدون جينياً للسلوك كأسلافنا المزعوم أنهم بهيميون؟ بالنسبة للكثيرين، أتى هذا الانطباع من كتاب عالم التطور **Richard Dawkins** بعنوان (الجين الأناني) الحائز شعبية على نحو هائل، أو بالأحرى من عنوانه. فهو يبدو أنه يتضمن أن التطور يجعلنا نتصرف بأنانية، مهتمين فقط بأنفسنا. من يريد الحياة في عالم كذلك؟ لكن الكتاب لا يقول شيئاً من هذا النوع. كما عرض دوكنز بجلاء، فإن الجين (الأناني) هو مجاز للكيفية التي يعمل بها الانتخاب الطبيعي. تعمل الجينات كما لو أنها جزيئات أنانية: تعمل التي تُنتِج تكيفات أفضل كما لو أنها تُزيح الجينات الأخرى في معركة الوجود المستقبليّ. و_بالتأكيد_يمكن أن تُنتج الجينات الأنانية سلوكيات أنانية. لكن هناك أيضاً كماً ضخماً من الأدب العلمي عن كيف يمكن أن يؤيد التطورُ الجيناتِ التي تؤدي إلى التعاون، والإيثار، وحتى الأخلاق. لعل أسلافنا لم يكونوا بهيميين بالكامل بالنهاية. وعلى أية حال، فالغابة_بتنوعها من الحيوانات، التي يعيش الكثير منها في مجتمعات متعاونة ومعقدة تماماً_ليست بالانحطاط الذي يتضمنه القول المأثور.

إذن لو كان تطورنا كقرود عليا اجتماعية قد ترك بصمته على عقولنا، فأي أنواع سلوك البشر قد تكون (مُعَدَّة)؟ لقد قال دوكنز نفسه أن الجين الأناني يمكن أن يُسمَّى على نحوٍ متساوٍ تماماً الجين التعاوني. فهل نحن معدون لنكون أنانيين، أم تعاونيين، أم كليهما؟

في السنوات الأخيرة نشأ فرع علمي جامعي جديد يحاول إجابة هذا السؤال، مفسراً السلوك البشري في ضوء التطور. تعود أصول علم النفس التطوري إلى كتاب **E. O. Wilson** علم الأحياء الاجتماعي **Sociobiology**، وهو فرضية تطورية هامة عن السلوك الحيواني والذي يقترح _في فصله الأخير_أن السلوك البشري يمكن أن يكون له تفسيرات تطورية أيضاً. يسعى معظم علم النفس التطوري إلى تفسير سلوكيات البشر الحديثين كنتائج تكيفية للانتخاب الطبيعي العامل على أسلافنا. إن اعتبرنا بداية (الحضارة) عند حوالي أربعة آلاف عام ق.م، عندما كان هناك مجتمعات معقدة سواء مدنية أو زراعية، فمن ثم فقد مرت ستة آلاف

سنة فقط حتى الآن. هذا يمثل واحداً على الألف فقط من الوقت الإجمالي منذ انفصل خط تحدر البشر عن الذي للشمبانزي. وكالحلوى السكرية على الكعكة، يقبع حوالي ٢٥٠ جيلاً من المجتمع المتحضر فوق ثلاثمئة ألف جيل كنا أثناءهم عائشين عيشة الصيد والجمع في مجموعات اجتماعية صغيرة. وكان للانتخاب دهورٌ كثيرة ليكيفنا مع نمط حياةٍ كهذا. يدعو علماء النفس التطوريين البيئة النفسية والاجتماعية التي تكيفنا معها أثناء هذه الحقبة الطويلة ببيئة التكيف التطوري، أو (ب ت ت) **EEA**.[(٥٥)] بالتأكيد، بالتالي يقول علماء النفس التطوريين أنه ينبغي أننا نحتفظ بالكثير من السلوكيات التي تطورت في بيئة التكيف التطوري، حتى لو لم تعد تكيفية، أو حتى سيئة التكيف اليوم. فبالنهاية، لقد كان هناك وقت ضئيل نسبياً للتغير التطوري منذ نشأة الحضارة الحديثة.

في الحقيقة، يبدو أن كل المجتمعات البشرية تتشارك عدداً من (السمات البشرية العلمية) المعترَف بها على نطاق واسع. يضع **Donald Brown** قائمة بدستات من مثل هذه الصفات في كتابه الذي يحمل نفس ذلك الاسم، بما في هذا استعمال اللغة الرمزية (التي فيها الكلمات هي رموز مجردة للأفعال والأشياء والأفكار)، وتقسيم العمل بين الجنسين، والسيادة الذكورية، والاعتقاد الديني والفوق طبيعي، والنياحة على الموتى، وتفضيل الأقارب على غير الأقارب، والفن الديكوري والموضة، والرقص والموسيقى، والإشاعات، وتزيين الجسد، وحب الحلويات. لأن معظم هذه السلوكيات تميز البشر عن الحيوانات الأخرى، فإنها يمكن أن تُرى كجوانب للطبيعة البشرية.

لكننا لا ينبغي أن نفترض دوماً أن كل السلوكيات واسعة الانتشار تعكس تكيفات ذوات أساس جيني. إن إحدى المشاكل أنه سهل للغاية كلياً اختراع علة تطورية لسبب انبغاء أن الكثير من سلوكيات البشر الحديثين قد كانت تكيفية في البيئة التكيفية التطورية.[٨] فربما يكون الفن والأدب مكافئاً لذيل الطاووس، مع فنانين وكتاب يتركون جينات أكثر لأن إنتاجهم راقَ للنساء. الاغتصاب؟ إنه سبيل للرجال الذين لا يستطيعون إيجاد رفيقات لأبوة نسلٍ، من ثم رجال كهؤلاء قد انتُخِبوا في البيئة التكيفية التطورية لأجل ميلهم إلى قهر ومزاوجة النساء بالإكراه. الاكتئاب؟ لا مشكلة، يمكن أن يكون انسحاباً على نحوٍ تكيفي من المواقف المجهِدة عصبياً، استجماعاً لذرائعك العقلية لكي يمكنك الكفاح في الحياة. أو يمكن أن يمثل شكلاً شعائرياً للإحباط الاجتماعي، يمكنك من الانسحاب من التنافس واسترجاع قواك، والعودة إلى الصراع في يوم آخر. الشذوذ الجنسي؟ بالرغم من أن هنا يبدو السلوك نقيضاً للغاية مع ما كان سيشجعه الانتخاب الطبيعي (فجينات

٨ *هنا يمضي المؤلف ساخراً من افتراضات مبالغ فيها كهذه_المترجم*

السلوك الشاذ_والتي لا تُمرَّر إلى جيل تالٍ_كانت ستختفي سريعاً من المجموعات السكانية)، يمكن أن تُحَــل المشكلة بافتراض أنه في البيئة التكيفية التطورية قعد الذكور الشواذ جنسياً في المنازل وساعدوا أمهاتهم علــى إنجاب نسلٍ آخر. في هذا الظرف، يمكن أن تُمرَّر جينات الشذوذ عن طريق الشواذ جنسياً المنــتجين لإخــوة وأخوات أكثر، أي الأفراد الذين يتشاركون تلك الجينات. لا واحدة من هذه التعليلات_بالمناسبة_هــي لي، فكلهم في الحقيقة قد ظهروا في الأدب العلمي المنشور.

هناك نزوع متزايد (ومقلق) من علماء النفس، والأحياء، والفلاسفة لدرونة كل جانب من جوانب السلوك البشري، محولين دراسته إلى لعبة غرفة استقبال مترلية علمية. لكن إعادات البناء التخيلية للكيفية التي يمكن أن تكون الأشياء قد نشأت بها ليس علماً، بل هي أحدوثات (*قصص*). فيهجوها **Stephen Jay Gould** كـ *"مجرد قصص للغاية"*، بعد كتاب **Kipling** الرمزي الذي أعطى تفسيرات مبهجة لكنها خيالية للكــثير مــن صفات الحيوانات (كيف حصل النمر على نقطه)، وما إلى ذلك.

إلا أننا لا يمكننا أن نصرف النظر عن كل السلوكيات على أنها ليس لها أساس تطوري. فبالتأكيد بعضها له. بما في هذا السلوكيات التي بشكل مؤكد تقريباً هي تكيفات لأنها متشارَكَة جداً بين الحيوانـــات وأهميتـــها في البقاء والتكاثر جلية. السلوكيات التي تقفز إلى الذهن هي الأكل، والنوم (رغم أننا لا زلنا لا نعرف بعد سبب احتياجنا للنوم، فترة استراحة الدماغ منتشرة في الحيوانات)، والدافع الجنسي، والعنايـــة الأبويـــة، وتفــضيل الأقارب على غير الأقارب.

فئة أخرى من السلوكيات تتضمن تلك التي مرجحٌ أنها قد نشأت بالانتخاب، لكن أهميتها التكيفية ليــست واضحة تماماً كالعناية الأبوية مثلاً والسلوك الجنسي الأكثر وضوحاً. بالتماثل مع الكثير من الحيوانات، فذكور البشر إلى حد كبير غير مُميِّزين بينما إناثهم انتقائيات (هذا رغم نظام الزواج الأحادي الإجباري اجتماعيـــاً السائد في كثير من المجتمعات)[٩]. الذكور أكبر وأقوى من الإناث ولديهم مستويات أعلى من التــستوستيرون، وهو هرمون يترافق مع العدوان. في المجتمعات التي قيس فيها النجاح التكاثري، فإن تباينه بين الذكور أعلــى بثبات مما بين الإناث. تُظهر عمليات المسح للإعلانات الشخصية في الصحف_مسلِّمين بأنهــا ليــست أكثــر أشكال البحث العلمي دقةً_أنه بينما يبحث الرجال عن النساء الأصــغر ذوات الأجــساد الملائمــة لحمــل

٩ هذا في الدول مسيحية الأغلبية رغم علمانيتها، أو المعتاد غير الإجباري كما نرى اليــوم في مجتمعــات المــسلمين واليهــود والهندوس فقد صار اليوم الزواج الأحادي هو شكل الزواج السائد والمقبول اجتماعيًا_ المترجم

الأطفال، فإن النساء يفضلن إلى حد ما الرجال الأكبر الذين لهم ثروة ووضع اجتماعي واستعداد للإنفاق في علاقاقم. كل هذه السمات يكون لها منطق في ضوء ما نعرفه عن الانتخاب الجنسي في الحيوانات. فبينما لا يجعلنا هذا مساوين تماماً للفقمات الفيلية، فإن التشابهات تلمح بقوة إلى أن سمات أجسادنا وسلوكياتنا قد صِيغَت بالانتخاب الطبيعي.

إلا أننا مجدداً يجب أن نكون حذرين عند الاستنباط من الحيوانات الأخرى. فقد يكون الرجال أكبر ليس لأنهم يتنافسون على الإناث، بل بسبب الحصيلة التطورية لتقسيم العمل: في بيئة التكيف التطوري، لعل الرجال قد اصطادوا بينما النساء_حاملات الأطفال_اعتنين بالأطفال وبحثن عن الطعام. (مع ملاحظة أن هذا لا يزال تفسيراً تطورياً، لكن يتضمن الانتخاب الطبيعي بدلاً من الجنسي). وإنه يستلزم بعض الالتفافات العقلية لمحاولة تفسير كل مظهر من الحياة الجنسية البشرية بالتطور. ففي المجتمعات المعاصرة _كمثال_تزين النساء أنفسهن باجتهاد أكثر بكثير من الذكور، واضعاتٍ الميكاب، مرتدياتٍ الثياب المتنوعة والمبهرجة، وما إلى ذلك. هذا مختلف للغاية عن أكثر الحيوانات المنتخبة جنسياً كطيور الجنة، التي فيها الذكور هم من قد طوروا استعراضات مجتهدة وألوان للجسد وزينات. وهناك دوماً إغراء أن ننظر إلى السلوك في بيئاتنا الحالية، في مجتمعنا، وننسى أن السلوكيات متغيرة التقييم خلال الزمان والمكان. فأن يكون أحدٌ شاذاً جنسياً في سان فرانسسكو ليس نفس الأمر كما كان في أثينا منذ ٢٥٠٠ سنة ماضية. قليل من الصفات هو المطلق أو الثابت، كاللغة والنوم. ومع ذلك، يمكننا أن نكون واثقين تماماً أن بعض جوانب السلوك الجنسي، والحب العالمي للدهون والحلويات، ونزوعنا إلى النهم بالمحتويات الدهنية هي سمات كانت تكيفية في أسلافنا، لكن ليس بالضرورة اليوم. وقد جادل علماء اللغة كـ **Noam Chomsky and Steven Pinker** على نحوٍ مقنع بأن استعمال اللغة الرمزية هو على الأرجح تكيف جيني، ذي جوانب لبناء الجملة والقواعد مشفرة بكيفية ما في أدمغتنا.

ختاماً، هناك فئة كبيرة من السلوكيات التي تُرَى أحياناً كتكيفات، لكننا لا نعرف عن تطورها أي شيء فعلياً. هذا يتضمن الكثير من أكثر السمات البشرية العالمية إثارةً للاهتمام، بما في هذا القواعد الأخلاقية، والدين، والموسيقى. ليس هنا نهايةٌ للنظريات والكتب بشأن الكيفية التي قد تكون هذه السمات قد نشأت بها. لقد بنى بعض المفكرين المعاصرين سيناريوهات مجتهدة بصدد كيفية إمكانية أن يكون حسنا الأخلاقي والكثير من المعتقدات الأخلاقية نتاجات للانتخاب الطبيعي العامل على العقلية الموروثة لرئيسيوي اجتماعي، تماماً كما مكَّنت اللغة من بناء مجتمع وثقافة معقدين. لكن في النهاية فإن هذه الأفكار تنحدر مكانتها إلى تخمينات غير

مختبَرة وعلى الأرجح غير قابلة للاختبار. إنه مستحيل تقريباً إعادة بناء كيفية تطور السمات (أو حتى إذا ما تكون سمات جينية متطورة) وما إذا كانت تكيفات مباشرة أم _كعمل النار_مجرد نتائج جانبية لدماغ معقد طور مرونة سلوكية للعناية بجسده. إننا يجب أن نكون متشككين بعمق في التخمينات التي لا يصاحبها أدلة قوية. إن وجهة نظري الخاصة هو أن الاستنتاجات بصدد تطور السلوك البشري ينبغي أن تكون قائمة على بحث بنفس الدقة على الأقل المستعملة في دراسة الحيوانات غير البشر. وإن تقرأ دوريات علم سلوك الحيوان ستجد أن هذا المتطلب يجعل الأمر صعباً إلى حدٍ ما، لذا تغرق الكثير من التأكيدات بصدد علم النفس التطوري بلا أثر.

من ثم، ليس هناك من سببٍ لأن نرى أنفسنا كعرائس راقصة بأسلاك التطور. نعم، إن نواحي معينة من سلوكنا قد تكون مشفرة جينياً، مغروسة بالانتخاب الطبيعي في أسلافنا ساكني الساڤانا. لكن الجينات ليست قدراً. فأحد الدروس التي يعلمها كل علماء الوراثة_إلا أنها لا تبدو قد تخللت وعي العامة_أن "الجينيّ" لا يعني "غير قابل للتغيير". فكل ضروب العوامل البيئية يمكن أن تؤثر على تعبير الجينات. فكمثال، مرض سكر الأطفال هو مرض وراثي، لكن أعراضه الضارة يمكن التخلص منها بجرعات قليلة من الإنسولين: تدخلٌ بيئي. بصري الرديء_المتوارث في العائلة_ليس عائقاً بفضل النظارة. على نحوٍ مماثل، يمكننا أن نقلص شهياتنا النهمة للشيكولاتات واللحوم ببعض قوة الإرادة وعون لقاآت مراقبي الوزن، وقد قامت مؤسسة الزواج بالكثير في ضبط سلوك الرجال غير التمييزي.

لا يزال العالم يعج بالأنانية، وانحدار الأخلاق، والظلم. لكن انظر من ناحية أخرى وستجد أيضاً أفعالاً لا تُحصى من العطف والإيثار. ربما يكون هناك عناصر من كلا السلوكين قد أتيا من ميراثنا التطوري، إلا أن هذه الأفعال إلى حد كبير هي مسألة اختيار، لا جينات. التصدق للمؤسسات الخيرية، والتبرع لعلاج الأمراض المبيدة في الدول الفقيرة، ومواجهة النيران في خطر شخصي هائل، ولا واحد من هذه الأفعال يمكن أن يكون قد غُرِسَ فينا على نحوٍ مباشر بالتطور. وكلما مرت السنون_رغم الأحداث المريعة كـ"التطهير العِرقيّ" في رواندا ودول البلقان التي لا تزال حاضرة بأذهاننا[١٠]_فإننا نرى حساً متزايداً بالحق ينتشر عبر العالم. في عصور الروم القدماء، كانت بعض أكثر العقول حنكةً التي قد وُجِدَت على الإطلاق تجد متعة قصوى وقتَ الأصيل في الجلوس ومشاهدة البشر يتقاتلون حرفياً لأجل حيواتهم ضد بعضهم الآخر، أو ضد الحيوانات الوحشية. ليس هناك ثقافة اليوم على الكوكب لا ترى أن هذه همجية. على نحوٍ مماثل، كانت القرابين البشرية قديماً جانباً

١٠ *كان بوسع الكاتب أن يشير إلى أعمال إسرائيل ضد المواطنين الفلسطينيين العزل كذلك..*

مهماً للكثير من المجتمعات.[١١] ذلك_أيضاً_على نحوٍ مبهج اختفى. في الكثير من البلدان، تؤخَذ مساواة الرجال والنساء اليومَ كمُسلَّمة. الأمم الأغنى تصير واعية بواجباتها في عون_بدلاً من استغلال_الأفقر. إننا نقلق أكثر بصدد كيفية معاملتنا للحيوانات. لا شيء من هذا له أي علاقة بالتطور، لأن التغير يحدث بأسرع بكثير عن أن تسببه جيناتنا. من ثم، فإنه من الجليّ أنه أياً ما كان ميراثنا الجينيَ الذي نملك، فهو ليس قيداً كسترة المجانين ليحبسنا إلى الأبد في السبل "البهيمية" لأسلافنا. إن التطور يخبرنا من أين جئنا، لا إلى أين يمكننا المُضيِّ.

ورغم أن التطور يعمل بطريقة مادية غير غائية، فهذا لا يعني أن حيواتنا ليس لها غاية. فسواء عبر الفكر الديني أو العلماني، يمكننا صنع غايتنا ومغزانا وأخلاقنا. يجد الكثير منا المعنى في عملنا، وأسرنا، وهواياتنا. هناك عزاء وغذاء للعقل في الموسيقى والفن والأدب والفلسفة.

لقد وجد الكثير من العلماء إشباعاً روحياً عميقاً في تأمل غرائب الكون وقدرتنا على تفسيرها. إن ألبرت أينشتاين_الذي كثيراً ما وُصِفَ على نحوٍ خاطئ كمتدين تديناً تقليدياً_رغم ذلك قد رأى دراسة الطبيعة كتجربة روحية:

"إن أجمل ما يمكننا أن نختبره هو الغامض. إنه العاطفة الأساسية المسؤولة عن نشأة الفن والعلم الحقيقيين. فمن لا يعرفه ولا يمكنه التساؤل من بعد، ولا يشعر بالدهشة من بعد، هو بجودة إنسان ميت، شمعة مستنفدة. إنها تجربة الغموض_حتى لو كانت مخلوطة مع الخوف_التي أنشأت الدين. إن معرفة وجود شيء لا يمكننا أن ننفذ إليه، من مظاهر الفكر الأعمق والجمالية الأكثر تألقاً، التي هي ما يمكن الوصول إليه فحسب بالنسبة إلى عقولنا في أكثر صورها بدائيةً. إنها هذه المعرفة وهذا الشعور ما يؤلف الاتجاه الديني السليم. بهذا المعنى، وبهذا المعنى فقط، أنا رجل متدين بعمق.........يكفيني لغز أبدية أشكال الحياة، والمعرفة الطفيفة لبنية الحقيقة المدهشة، سوياً مع السعي المخلص لإدراك جزء_ولو جزء صغير للغاية_من الفطنة التي تعلن عن نفسها في الطبيعة."

---

١١ فكما يعلم المطالعون لعلم الآثار أن حضارات كالمايا والإزتك في أمركا اللاتينية وُجدت في معابدها وأهرامها ومقابرها قرابين بشرية كثيرة، وكان المصريون القدماء في بعض عصورهم الأولى يدفنون مع ملوكهم خداماً بعد قتلهم، وكذلك حضارة اليابانيين القدماء كانت تفعل، وغيرها_المترجم.

إن استمداد روحانيتك من العلم يعني أيضاً قبول حسٍ حاضر بالتواضع أمام الكون ورجحانية أننا لن نعرف أبداً كل الإجابات. لقد كان عالم الفيزياء **Richard Feynman** واحداً من هؤلاء الأنصار الشجعان:

"لا أحتاج أن أعرف إجابة. لا أشعر بالخوف من عدم معرفة أشياء، ومن الضياع في كــون غــامض دون غاية، وهذا أقصى ما يمكنني التعبير عنه في الحقيقة، على الأرجح. إنه لا يخيفني."

إلا أنه من المبالغ فيه أن نتوقع أن يشعر كل امرئ كذلك، أو أن نفترض أن كتاب (أصل الأنواع) يمكن أن يحل محل الكتاب المقدس. قليلٌ من الناس فقط بالمقارنة يمكنهم أن يجدوا عزاءً ومساندةً في غرائــب الطبيعــة، وأقل منهم من حازوا امتياز الإضافة إلى تلك الغرائب من خلال أبحاثهم. يرثــي الروائــي البريطــاني **Ian McEwan** إخفاق العلم في أن يحل محل الدين التقليدي:

*"ثقافتنا العلمانية والعلمية لم تحل محل أو حتى تتحدى هذه الأنظمة الاعتقادية فوق الطبيعية المتعارِضــة مــع بعضها البعض. لا يزال المنهج العلمي والشكوكية أو العقلانية على العموم_يحتاجون إلى قصة سامية ذات قوة علمية وبساطة وجاذبية واسعة للتنافس مع القصص القديمة التي تُعطي معنى لحيوات النــاس. إن الانتخــاب الطبيعي مفسِّر قوي وممتاز ومقتصِد للحياة على الأرض في كل تنوعها، وربما يحتوي بذور قصة تكوينٍ منافــسة سيكون لها قوة إضافية لكونها حقيقية، لكنها تنتظر مركبها الملهم، وشاعرها، و**Milton** الخاص بها.....تظــل العقلانية والأسطورة رفيقي سرير واحد عَصَيِّيْن."*

لا أدعي بالتأكيد أني **Milton** الخاص بنظرية التطور. لكن يمكنني على الأقل أن أحاول أن أبدد التصورات الخاطئة التي ترعب الناس وتنفِّرهم من نظرية التطور ومن المَنْشَأ المدهش لتنوع الحياة المذهل من مجرد جــزيء متضاعِف وحيد. أكبر هذه التصورات الخاطئة أن قبول التطور سيمزِّق بطريقة ما مجتمعنا، ويــدمر أخلاقنــا، ويُسيِّرنا للتصرف كبهائم، ويُفرِّخ جيلاً جديداً من أمثال هتلر وستالين.

ذلك لن يحدث على الإطلاق_كما نعلم من البلدان الأوربية التي يتقبل مواطنوهــا التطــور علــى نحــوٍ كامل_بل سننجح في أن نظل متحضرين. نظرية التطور ليست أخلاقية ولا غير أخلاقية. إنهــا هــي في ذاتهــا فحسب، ونحن نجعلها ما نشاء. لقد حاولتُ أن أبرهن أن الشيئين اللذين يمكننا عملهما بها يعودان لبــساطتها وروعتها. وعوضاً من تحديد أفعالنا، فإن دراسة التطور يمكنها أن تُحرِّر عقولَنا. ربما تكون الكائنات البــشرية

مجرد فرع صغير على شجرة التطور المتفرعة الضخمة، لكننا حيوان ذو خصوصية للغاية. لأن الانتخاب الطبيعي قد صاغ عقولَنا، فقد كشف لنا عوالمَ جديدة كاملة. لقد تعلمنا كيف نحسِّن حيواتنا على نحوٍ لا يمكن قياسه مقارنةً بحيوات أسلافنا، الذين كانوا مبتلين بالأمراض، والشقاء، والبحث المستمر عن الطعام. يمكننا الطيران فوق أطول الجبال، والغوص عميقاً تحت البحر، وحتى السفر إلى كواكب أخرى. إننا نعمل السيمفونيات والأشعار والكتب للإيفاء بعواطفنا الجمالية واحتياجاتنا العاطفية. لا نوعَ آخر قد أنجز أي شيء مشابه ولو بشكل بعيد.

لكن هناك شيءٌ أكثر روعةً. إننا الكائن الوحيد الذي قد أورثه الانتخاب الطبيعي دماغاً معقداً كفاية لإدراك القوانين التي تحكم الكون. وينبغي أن نكون فخورين بأننا النوع الوحيد الذي قد اكتشف من أين أتينا إلى الوجود.

ملاحظات

١- لا تزال النظرية الحديثة للتطور تدعى بالـ(داروني) أو (الداروينية الحديثة)، رغم أنها قد تقدمت كثيراً للغاية عما افترضه داروين أولاً (فهو لم يعرف شيئاً_كمثال_عن الحمض النووي أو الطفرات). هذا من النمط من التسمية الشخصية غير معتاد في العلم. فنحن لا ندعو الفيزيائيات التقليدية بالـ "نيوتنية" أو الفيزياء النسبية بالـ "أينشتاينية". إلا أن تشارلز داروين كان صائباً للغاية ومنجِزاً في كتاب (أصل الأنواع)، لدرجة أن علم الأحياء التطوري قد صار بالنسبة لكثير من الناس مرادفاً لاسمه. سأستعمل أحياناً لفظة (الداروينية) خلال الكتاب، لكن فليتذكر القارئ أن ما أعنيه هو (النظرية التطورية الحديثة).

ملاحظة من المترجم: لم أستحب تسمية النظرية باسم أشهر واضعيها ومؤسسيها داروين، لأن كثيرين قبله لاحظوها دون أن يتعرفوا على آلياتها، ومعاصره ألفرد والس اكتشفها بُعَيدَه بقليل جداً على نحوٍ مستقل، وإن كان لم يحشد لها كل ذلك البحث والشواهد كداروين، لذا آثرت ترجمة الداروينية ***Darwinism*** *إلى (نظرية التطور).*

٢- على خلاف علب الكبريت، فإن لغات البشر توجد في تسلسل متداخل، مع تشابه بعضها مع بعضها الآخر (كالإنجليزية والجرمانية) أكثر بكثير من اللغات الأخرى (مثلاً الصينية). يمكنك في الحقيقة أن تبني شجرة تطورية للغات بناءً على التشابه في الكلمات والقواعد. سبب كون اللغات يمكن أن تُصنف هكذا هو أنها اجتازت شكلها الخاص من التطور، متغيرةً تدريجاً خلال الزمن ومستنوِعةً كلما تحرك الناس إلى مناطق جديدة وفقدوا التواصل مع بعضهم الآخر. كالأنواع، فإن اللغات لها استنواع وسلفية مشتركة. لقد كان داروين هو أول من لاحظ هذا التشابه الجزئي.

٣- لقد انقرضت فيلة الماموثات ذوات الصوف منذ حوالي عشرة آلاف سنة، على الأرجح اصطيدت حتى الانقراض من قِبَل أسلافنا. على أية حال لقد كانت إحدى النماذج محفوظة على نحو جيد للغاية بالتجمد لدرجة أنها استُعمِلت كطعام لعشاء نادي مستكشفين عام ١٩٥١م في نيويورك.

٤- إنه مرجح أن الثدييات السلفية قد احتفظت بخصاها الناضجة في البطن (بعض الثدييات كمفلطح الفم البلاتيبوس والفيل لا تزال تفعل)، مما يجعلنا نتساءل لماذا أيَّد التطور تحركَ الخصيتين إلى موضع سهل الانجراح خارج الجسد. إننا لا نزال لا نعرف الإجابة بعد، لكن مفتاحاً هو أن الإنزيمات المتضمنة في صنع الحيوانات المنوية ببساطة لا تعمل بشكل جيد عند درجة حرارة الجسد الداخلية (هذا سبب نصح الأطباء الآباءَ المستقبليين بتجنب الحمامات الساخنة قبل الجنس). إنه مرجح أن عند نشوء حرارة الدم في الثدييات، أُجبِرَت الخصى في بعض المجموعات على النزول لتظل باردة. إلا أنه قد تكون الخصى الخارجية قد تطورت لأسباب أخرى، وفقدت ببساطة الإنزيمات المتضمنة في صنع الحيوانات المنوية قدرتها على العمل في درجات الحرارة الأعلى.

٥- كثيراً ما يدعي معارضو التطور أن نظرية التطور يجب أن تفسر كذلك كيفية نشوء الحياة، وأن الداروينية تخفق لأننا لا نملك الإجابة بعد. إن هذا الاعتراض مضلل. فالنظرية التطورية تتعامل فقط مع ما يحدث بعد مجيء الحياة إلى الوجود (والتي سأُعرِّفها ككائنات أو جزيئات ناسخة لنفسها). أما نشوء الحياة ذاتها فلا يُحال إلى علم الأحياء التطوري، بل إلى علم النشوء الذاتيّ **abiogenesis**، وهو مجال علمي يشمل الكيمياء وعلم طبقات الأرض وعلم الأحياء الجزيئي. ولأن هذا المجال لا يزال في مهده، ولم يعطِ حتى الآن سوى إجابات قليلة، فقد أهملتُ في هذا الكتاب أي بحث عن كيفية بدء الحياة على الأرض. لإلقاء نظرة عامة على النظريات العديدة المتنافسة، انظر ما هو بمثابة سفر تكوين **Robert Hazen**: (البحث العلمي بصدد نشأة الحياة) *The Scientific Quest for Life's Origin*.

٦ – مع ملاحظة أنه للنصف الأول من تاريخ الحياة كانت الأنواع الوحيدة هي البكتريا. ولم تظهر الكائنات عديدة الخلايا المعقدة حتى آخر ١٥% من تاريخ الحياة. لرؤية تسلسل زمني تطوري في مقياس صحيح، مظهراً كيفية نشوء الكثير من أشكال الحياة المألوفة حالياً، زر موقع http://andabien.com/html/evolutiontimeline.htm and keep scrolling.

٧- كثيراً ما يستعمل الخلقيون المفهوم الكتابي لـ"الأنواع" للإشارة إلى المجموعات التي خُلِقَت خلقاً خصوصياً (انظر سفر التكوين ١: ١٢-٢٥)، لكن ضمنها بعض التطور مفسوح له المجال. يدعي أحد المواقع الخلقية، شارحاً لفظة "الأنواع": *"كمثال، قد يكون هناك أنواع كثيرة من الحمام، لكنها تظل كلها حماماً. لذا، يكون الحمام "نوعاً" من الحيوان، طائراً، في الحقيقة"*. هكذا، فإن التطور الضئيل مفسوح له المجال ضمن "الأنواع"، لكن التطور الكبير بين الأنواع غير ممكن الحدوث ولم يحدث حسب اعتقادهم. بعبارة أخرى، أعضاء النوع لهم سلف مشترك، وأعضاء الأنواع المختلفة ليس لها حسب اعتقادهم. المعضلة هي أن الخلقيين

لا يقدِّمون معياراً لتعريف (الأنواع)، فهل يقابلون الجنس البيولوجي؟ أم الأسرة؟ هل كل الأعضاء الطـائرين من نوع واحد، أم أنواع مختلفة؟، لذا فلا يمكننا الحكم على ما يرونه كحدودٍ للتغير التطـوري. إلا أن كـل الخلقيين يتفقون على شيء واحد: الإنسان الحكيم **Homo Sapiens** هو (نوع) وحدَه، ولذا ينبغي أن يكون قد خُلِقَ. إلا أنه ليس هناك شيء في نظرية التطور ولا معطياتها يدل على أن التغير التطوري يمكـن أن يُحـدَّ: بقدر ما يمكننا أن نرى، فإن التطور الكبير هو ببساطة التطور الضئيل ممتداً خلال حقبة طويلة من الزمن. انظر لرؤية وجهـة النظـر الخلقيـة عـن (الأنـواع) http://www.clarifyingchristianity.com/creation.shtml و http://www.nwcreation.net/biblicalkinds.html ولرؤيـة دحـض http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Hangar//kinds.htm .

٨- يعتقد علماء المتحجرات اليـوم أن كـل الديناصـورات الرشـيقة **Therapods**_وهـذا يتـضمن **Tyrannosaurus rex** الشهير_كانت مغطاة بشكل ما من الريش. هذا لا يُظهَر عادةً في إعـادات بنـاء المتاحف للمتحجرات، أو في أفلامٍ كالحديقة الجوارسية **Jurassic Park**. سيكون من السيء لـسمعة **T. rex** المرعِب أن يُعلَم أنه كان مغطى بالزغب!

٩- لأجل وصف مشوق لكيفية العثور على أول عينة للـ **Sinornithosaurus** إعـدادها، والمـسماة **"Dave"**، انظر http://www.amnh.org/learn/pd/dinos/markmeetsdave.html.

١٠- قامت قناة **NOVA** بتقديم برنامج تلفزيوني رائع موثق للعثور على الـ Microraptor gui والجدل التالي بصدد ما إذا كان استطاع الطيران. يمكنك مشاهدة "الديناصور ربـاعي الأجنحـة" علـى الهـواء، بموقـع http://www.pbs.org/wgbh/nova/microraptor/program.html.

١١- في إنجاز مدهش معاصر، قد نجح علماءُ في الحصول على شظايا من بروتين الكـولاجين مـن متحجـرة عمرها ٦٨ مليون عام للـ **T. rex**، وتعيين تسلسل الحمض الأميني لهذه الشظايا. يُظهِر التحليل أن الـ **T. rex** أوثق صلةً إلى الطيور الحية (الدجاج والنعام) من أي فقاريات حية أخرى. تؤكد العينة ما ظنه العلماء منذ زمن طويل: لقد انقرضت الديناصورات ما خلا خط تحدر واحد أدى إلى نشوء الطيور. على نحو متزايد، يقـر علماء الأحياء بأن الطيور مجرد ديناصورات مُعدَّلة إلى حدٍ كبير. في الواقـع، كـثيراً مـا تُـصنَّف الطيـور كديناصورات.

١٢- يثبت تسلسل الحمض النووي والبروتيني للحوت أنه من بين الثدييات فالأوثق صلةً به هـي شـفعيات الأصابع، وهو اكتشاف يتسق تماماً مع الدليل الحفري.

١٣- لرؤيـة **Chevrotain** مـائي يـترل إلى المـاء ليفـر مـن نـسر، زر موقـع http://www.youtube.com/watch?v=GQbTljxs .

١٤- لقد نُشِرَتْ الورقة_رغم ذلك_وأثبتت أن رغم نمطي جريهما المختلفين، يـستهلك النعـام والخيـول كميات متماثلة من الطاقة لقطع نفس المسافة: M. A. Fedak and H. J. Seeherman . ويثبت تقيـيم جديـد لطاقات التحرك تكلفاتٍ متطابقة في ثنائيات ورباعيات الأرجل بما في ذلك النعام والخيـول. **Nature 282: 713-716.**

١٥- يعرض هذا الڤيديو كيف تُستعمَل الأجنحـة في التـزاوج: http://revver.com/video//masai-ostrich-mating/.

١٦- الحيتان_التي تفتقد الآذان الخارجية_لديهم أيضاً عضلات أذن لاوظيفية (وأحياناً فتحات آذان ضـئيلة لاوظيفية)، كلها موروثة من أسلافهم البريين.

١٧- الجينات الزائفة_على حد علمي_لا يُعاد ابتعاثها أبداً. فعندما يخضع جين لطفرة تعطلـه، سـرعان مـا تتراكم طفرات أخرى تفسِد معلوماتِ صنع بروتينه أكثر. احتمال أن تُبطِل تلك الطفراتُ نفسَها لتعيد إحياء الجين هو صفر تقريباً.

١٨- على نحوٍ قابل للتنبؤ، فإن الثدييات البحرية التي تقضي جزءً من وقتها على البر_كأسد البحر وكلـب البحر_لديها جينات المستقبلات الشمية **(OR)** أكثر مما لدى الحيتان أو الدلافين، من المحتمل لأنها لا تـزال تحتاج استبيان الروائح المحمولة جواً.

١٩- كثيراً ما يستشهد الخلقيون برسوم **Haeckel** "الملفقة" كوسيلة للهجوم على التطورعامةً، فيـدعون أن التطوريين يحرفون الحقائق لدعم "الدارونية المضلِّلة". لكن قصة **Haeckel** ليـست بهـذه البـساطة. لعـل **Haeckel** ليس مذنباً بانتهاك القانون، بل بالإهمال فقط: لأن "حيلته" تألفت كليةً من رسم ثلاثة أجنة مختلفة مستعملاً نفس القالب. عندما سوئِل، اعترف بالغلط وأصلحه. ليس هناك ببساطة دليل على أنه حـوَّر عـن

قصدٍ مظهر الأجنة ليجعلهم يبدون أكثر تشابهاً مما هم عليه. يحكي **R. J. Richards** (٢٠٠٨، الفصل ٨) القصة كاملةً.

٢٠– لقد تركت لنا سلفيتنا كوارث جسدية كثيرة أخرى.كالبواسير، والظهور الرديئة، والفواق (الزغطة)، والزوائد الدودية الملتهبة. كل هذه الحالات هي ميراث تطورنا.يصف **Neil Shubin** هذه الحالات والكثير غيرها في كتابه (سمكتك الداخلية) *Your Inner Fish*.

٢١– لقد ألهمت أيضاً قصيدةَ **William Cowper**: (عزلة ألكسَندر سلكيرك)، بمطلعها الشهير:

أنا ملك كل ما يمتد إليه بصري
لا أحد يجادل في حقي
من المركز كله وحتى البحر
أنا سيد الطير والوحش

٢٢– للاطلاع على رسم متحرك للانجراف القاري خلال المئة وخمسين مليون عام الأخيرة، زر موقع http://mulinet.li.mahidol.ac.th/cd-rom/cd-romt/Evolution_files/platereconanim.gif ، ورسوم متحركة أكثر شمولاً خلال كامل تاريخ الأرض بموقع /http://www.scotese.com .

٢٣– هذه العبارة، التي هي بالتأكيد أشهر عبارات **Tennyson**، مقتبسة من قصيدته في **In Memoriam A.H.H.**

(الإنسان) الذي يثق بأن الرب كان محبةً حقاً
وأن الحب قانونُ الخلقِ النهائيّ
رغم أن الطبيعة_حمراءَ الأسنان والحافرةَ للشِعْبِ_
تصرخ ضد اعتقاده.

٢٤– ڤيديو تصويريّ لافتراس دبابير يابانية لنحلٍ مجلوب، وطبخها حتى الموت بدفاع النحل الياباني، يمكن رؤيته بموقع http://www.youtube.com/watch?v=DcZCttPGyJ . لقد وجد العلماء مؤخراً وسيلة أخرى يقتل بها النحلُ الدبابيرَ، بالخنق. ففي قبرص، يُكَوِّن النحل أيضاً كرةً حول الدبابير الداخلة عنوة. فالزنابير تتنفس

بنشر وتقليص بطونها، نافخةً الهواء إلى أجسادها عبر ممرات صغيرة. تمنع كرة النحل الضيقة الزنابيرَ من تحريك بطونها، حارمةً إياها من الهواء.

٢٥- في كتابه (الطفيليّ الملك) يسرد Carl Zimmer الكثير من الوسائل الأخرى الفاتنة والمريعة التي قد طورتها الطفيليات للتلاعب بمضيفيها.

٢٦- هناك جانب آخر في هذه القصة بنفس درجة الإثارة تقريباً: فالنمل الذي يقضي الكثير من الوقت على الأشجار، قد طور قدرة على التزلج الهوائي. فعندما يسقطون من فرع، يمكنهم أن يناوروا في الهواء لكي_بدلاً من الهبوط على أرضية الغابة المعادية_ينقضون مجدداً على جذع الشجرة الآمن. إنه غير معلومٍ بعد كيف تستطيع نملة ساقطة أن تتحكم في اتجاه تزلجها، لكن يمكنك رؤية ڤيديوهات لهذا السلوك الجدير بالملاحظة على موقع http://www.canopyants.com/video.html .

٢٧- يستشهد الخلقيون أحياناً بهذا اللسان كمثال لصفة لا يمكن أن تكون قد تطورت، بما أن المراحل المتوسطة للتطور عن الألسنة القصيرة إلى الطويلة كانت على نحوٍ افتراضي سيئة التكيف. هذا الزعم لا أساس له. للاطلاع على وصفٍ للسان الطويل والكيفية التي تطور بها بالانتخاب الطبيعي على نحوٍ مرجح، انظر موقع http://www.talkorigins.org/faqs/woodpecker/woodpecker.html .

٢٨- بينما أكتب هذا الكتاب، ظهر تقريرٌ تواً يُثبِت أن الحمض النووي المستخرج من عظام البشريين النندرثاليين يحتوي على شكل آخر للون الفاتح من الجين. من ثم، فإنه مرجح أن بعض البشريين النندرثاليين كان لديهم شعر أشقر.

٢٩- تُعتبَر كل السلالات المختلفة من النوع Canis lupus familiaris لأنهم يمكنهم التهجن بنجاح. لو كانوا وُجِدوا كمتحجرات فقط لكانت اختلافاتهم الهائلة قد أدت إلى استنتاجنا أن هناك بعض الحواجز الجينية المانعة إياهم من التهجن، وبالتالي أنهم يجب أن يُمثِّلوا أنواعاً مختلفة.

٣٠- لقد تكيفت الحشرات أيضاً مع كيميائيات أنواع النباتات، لدرجة أن كل شكل جديد من البقة ينمو بشكلٍ أفضل على النباتات المجلوبة التي يسكنها أكثر من أجمة الصابون العتيقة.

٣١– لمشاهدة وصف لكيفية تخثر الدم وكيف يمكن أن يكون السوط قد تطور من خلال الانتخاب الطبيعي، انظر كتاب **Kenneth Miller** "مجرد نظرية"، وكذلك M. J. Pallen and N. J. Matzke (2006) .

٣٢– لمشاهدة الطيهوج الحكيم متبختراً في المُستعرَض أمام الإناث، اذهب إلى موقع http:// www.youtube.com/watch?v=qcWxVbT_j8.

٣٣– أقدم كائن متكاثر جنسياً معروف حتى الآن هو طحلب أحرم، يُسمَّى على نحو ملائم **Bangiomorpha pubescens**. الجنسان مرئيان بوضوح في متحجراته منذ ١,٢ مليار سنة ماضية.

٣٤– إنه من الهام أن نتذكر أننا نتحدث عن الاختلاف بين الذكور والإناث في تفاوت النجاح التزاوجي. على النقيض من هذا، فإن متوسط النجاح التزاوجي للذكور والإناث ينبغي أنه متساوٍ، لأن كل نسلٍ لابد أن له أباً واحداً وأماً واحدة. في الذكور، يحوز هذا المتوسط القليل منهم منجَباً لهم معظم النسل بينما البقية ليس لهم نسل...على جانب آخر، فإن كل أنثى لها نفس العدد تقريباً من النسل.

٣٥– عندما يُضغَط عليهم، يفسر الخلقيون ثنائيات الأشكال الجنسية باللجوء إلى الأهواء الغامضة للخالق. في كتابه (داروِن في المحاكمة)، يجيب مناصر التصميم الذكي **Phillip Johnson** على سؤال التطوري **Douglas Futuyma**: *"هل يفترض علماء الخلق حقاً أن خالقهم رأى أنه ملائمٌ خلق طائر لا يمكنه التكاثر بدون ستة أقدام من الريش ثقيل التحريك مما يجعله فريسة سهلة للنمور؟"* يجيب **Johnson**: *"لا أعلم ما قد يفترضه علماء الخلق، لكن يبدو لي أن الطاووس والطاووسة هما تماماً نوع المخلوقات التي سيُفضِّلها خالقٌ ذو أهواء، لكن عملية آلية غير مبالية كالانتخاب الطبيعي ما كانت ستسمح لها بالتطور."* لكن فرضيات قابلة للاختبار كالانتخاب الطبيعي تفوق بالتأكيد لجوءً غير قابل للاختبار إلى الأهواء الغامضة لخالقٍ.

٣٦– قد تتساءل لماذا_إن تكن الإناث لديها تفضيل للصفات غير المبداة_لم تنشأ هذه الصفات قط في الذكور. أحد التفسيرات هو أن الطفرات الملائمة لم تحدث ببساطة. وآخَر هو أن الطفرات الملائمة قد حدثت، لكنها قلّلت بقاء الذكر أكثر مما عزّزت قدرته على جذب العشيرات.

٣٧– قد تعترض بأن هذا التوافق يثبت فقط أن كل الأدمغة البشرية متصلة عصبياً لتصنيف ما هو في الحقيقة سلسلة متصلة من الطيور عند نفس النقاط الاعتباطية. لكن هذا الاعتراض يفقد قوته عندما نتذكر أن الطيور نفسها تدرك نفس المجموعات. فعندما يحين وقت التكاثر، يتودد طائر أبي الحناء الذكر فقط إلى طيور أبي الحناء

الإناث، ليس إلى طيور الدوري أو الزرزور أو الغربان الإناث. إن الطيور_كالحيوانات الأخرى_ جيدة في التعرف على الأنواع المختلفة.

٣٨- على سبيل المثال، إن ينقرض ٩٩% من كل الأنواع المُنتَجَة، سنظل نحتاج استنواعاً ذا معدل من نشوء نوع جديد واحد فقط لكل مئة مليون سنة لإنتاج مئة مليون نوع حي.

٣٩- للاطلاع على عرضٍ واضح لكيفية إعادة بناء العلم للأحداث القديمة في علم طبقات الأرض والأحياء والفضاء، انظر كتاب C. Tunney (عظام وصخور ونجوم: علم متى حدثت الأشياء) *Bones, Rocks, and Stars: The Science of When Things Happened*. MacMillan, New York

٤٠- هنا وصف أكثر تفصيلاً لكيفية نشوء نوع متعدد الصبغيات متباين جديد. تحمل معي، إذ رغم أن فهم العملية ليس صعباً، فإنها تتطلب تسلسل أفكار قليلة العدد. يحمل كل نوع_عدا البكتريا والفيروسات_نسختين من كل كروموسوم (*صبغي*). فنحن البشر_كمثال_لدينا ٤٦ كروموسوماً، تؤلف ٢٢ زوجاً أو مقترناً، إضافةً إلى كروموسومي الجنس: **XX** في الإناث، و **XY** في الذكور. يورث واحد من كل زوج كروموسومات من خلال الأب، والآخر من خلال الأم. عندما يصنع أفرادُ نوعٍ الأمشاجَ (الحيوانات المنوية والبييضات في الحيوانات، اللقاح والبييضات في النباتات)، تنفصل المقترنات عن بعضها البعض، ويذهب فرد واحد من كل زوج إلى الحيوان المنوي أو حبة اللقاح أو البييضة. لكن قبل ذلك، يجب أن تصطف المقترنات وتقترن مع بعضها الآخر لكي يمكنها الانفصال بنجاح. إن لا تستطع الكروموسومات الاقتران بنجاح، لا يستطع الفرد إنتاج الأمشاج ويكون عقيماً.

إن هذا الإخفاق في الاقتران هو أساس الاستنواع تعددي الصبغيات التبايني. افترض_كمثال_أن نوعاً من النبات (فلنكن خياليين ونسمه أ) له ست كروموسومات، أي ثلاثة أزواج من المقترنات. افترض علاوة أن له قريب، هو النوع (ب)، ذو عشرة كروموسومات، أي خمسة أزواج. سيكون الهجين بين النوعين ثمانية كروموسومات، حاصلاً على ثلاثة من النوع أ وخمسة من النوع ب (تذكر أن مشيجي كلا النوعين يحملان نصف كروموسوماتهما فقط). هذا الهجين قد يكون صالحاً للحياة ونشطاً، لكنه عندما يحاول تكوين حبوب لقاح أو بييضات يدخل في الاضطراب. حين تحاول خمس كروموسومات من نوعٍ الاقترانَ مع ثلاثة من نوع آخر تصنع فوضى. يخفق تكوين المشيج، ويكون الهجين عقيماً.

لكن افترض أن الهجين بطريقة ما استطاع مضاعفة كل كروموسوماته، رافعاً العدد من ٨ إلى ١٦. سيكون هذا الهجين الفائق الجديد قادراً على اقتران كروموسومي سليم: فكلٌ من الصبغيات الستة من النوع أ ستجد قرينها، وبطريقة مماثلة الصبغيات العشرة من النوع ب. ولأن الاقتران يحدث على نحو سليم، سيكون الهجين الفائق خصيباً، منتجاً حبوب لقاح أو بييضات تحمل ثمانية صبغيات. يعرف الهجين الفائق اصطلاحياً بـ **allopolyploid**، من الكلمتين اليونانيتين بمعنى (مختلف) و(مضاعَف عدةَ أضعاف). في صبغياته الستة عشر يحمل المادة الجينية الكاملة لكلا النوعين الأبويين أ و ب. وسنتوقع أنه يبدو متوسطاً بين الأبوين نوعاً ما. وقد تمكّنه تأليفته الجديدة من السمات من العيش في كوة بيئية جديدة.

متعدد الصبغيات أ ب ليس فقط خصيباً، بل سينتج نسلاً لو لُقِّحَ من قِبَل متعدد صبغيات مماثل آخر. كلٌ من الوالدين يسهم بثمانية صبغيات للبذرة، والتي ستنمو لتكونَ نبات أ ب ذا ١٦ كروموسوماً آخر، تماماً كوالديه. تؤلف مجموعة من مثل هذه المتعددات الصبغيات مجموعة سكانية متزاوجة مديمة لذاتها. وسيكون أيضاً نوعاً جديداً. لماذا؟ لأن متعدد الصبغيات أ ب معزول تكاثرياً عن كلا النوعين الأبويين. فعندما يتهجَّن سواء مع النوع أ، سينتِج متعدد الصبغيات أمشاجاً ذوات ثمانية صبغيات ثلاثة منها تعود أصلاً إلى النوع أ وخمسة من النوع ب. هذه تتحد مع أمشاج النوع أ والتي تحتوي على ثلاثة صبغيات. سيكون لدى النبات الناشئ من هذا الاتحاد ١١ كروموسوماً. وسيكون عقيماً، لأنه بينما كل صبغي (كروموسوم) أ له شريك مقترن، فليس لصبغيات ب. تحدث حالة مشابهة عندما يتزاوج متعدد الصبغيات أ ب مع النوع ب: سيكون للنسل ١٣ صبغياً، ولا تستطيع الخمسة صبغيات الخاصة بـ أ الاقترانَ أثناء تكوُّن المشيج.

إذن، يُنتِج متعدد الصبغيات الجديد هجناً عقيمة فقط عندما يتزاوج مع أي النوعين الأبويين على السواء اللذين جلباه للوجود. لكن عندما تتزاوج متعددات الصبغيات مع بعضها الآخر، سيكون النسل خصيباً، ممتلكاً كل الستة عشر صبغياً لأبويه. بعبارة أخرى، يشكِّل متعدد الصبغيات مجموعة متزاوجة معزولة تكاثرياً عن المجموعات الأخرى، وهذا ما يحدد نوعاً حيوياً متميزاً. وقد نشأ هذا النوع بدون انعزال جغرافي، ذلك بالضرورة لأنه إذا كان نوعان سيكونان هجناً، فلابد أن يعيشا في نفس المكان.

كيف يتكوَّن النوع متعدد الصبغيات في المقام الأول؟ لا نحتاج إلى الدخول في التفاصيل الصعبة هنا عدا القول أنه يتضمن تكوُّن هجين بين نوعين أبويين، متبوعاً بسلسلة من الخطوات فيها تُنتج تلك الهجنُ حبوبَ لقاح وبييضات حاملة مجموعات مضاعفة من الصبغيات في جيلين فقط. وكل هذه الخطوات قد وُثِّقَتْ في كلٍ من البيوت الزجاجية والطبيعة.

٤١- كمثالٍ على تعدد الصبغيات الذاتي، فلنفترض أن أفراد نوعٍ نباتٍ لهم ١٤ صبغياً، أو ٧ أزواج. قد يُنتِج فردٌ أحياناً أمشاجاً غير مُقلَّلة تحتوي كلَّ الـ ١٤ صبغياً بدلاً من ٧. لو اندمج هذا المشيج مع طبيعي، أي مشيج ذي ٧ صبغيات من فردٍ آخر من نفس النوع، سيَنتُج نبات شبه عقيم له ٢١ صبغياً: إنه عقيم تقريباً لأن أثناء تكون المشيج، تحاول ثلاثة صبغيات مقترنات (*أو قرينات أو متشابهات أو أنداد* homologous) الاقتران بدلاً من الاثنين الطبيعيين، وهذا لا يعمل على نحوٍ حسن. لكن إن يُنتِج هذا الفردُ مجدداً أمشاجاً ذوات ٢١صبغياً غير مقللة قليلة لتتحد مع الأمشاج الطبيعية من نفس النوع، يَنتُج فردٌ ذاتي التعدد الصبغي ذو ٢٨ صبغياً. إنه يحمل نسختين كاملتين من الجينوم الأبوي. يمكن أن تُعتبَر مجموعةٌ من مثل هؤلاء الأفراد نوعاً جديداً، لأنهم يمكنهم التزاوج مع ذاتيات التعدد الصبغي المماثلة الأخرى، لكن عندما يحاولون التزاوج مع النوعين الأبوين سيُنتِجون أفراداً عقيمين إلى حدٍ بعيد ذوي٢١صبغياً. هذا الذاتي التعدد الصبغي له بالضبط نفس جينات فرد من نوع أبوي واحد، لكن في أربعة أضعاف بدلاً من ضعفين.

وحيث أن ذاتي التعدد الصبغي المتكوِّن جديداً له نفس جينات نوعيه الأبوين، فكثيراً ما يشابهما على نحوٍ وثيق. أحياناً يمكن التعرف على أفراد النوع الجديد فقط بإحصاء صبغياتهم تحت المجهر ورؤية أنهم لديهم ضعف عدد صبغيات أفراد النوعين الأبوين. ولأنهم يشابهون آباءهم، فبالتأكيد يوجد الكثير من الأنواع ذاتية التعدد الصبغي في الطبيعة والذين لم يتعرفهم عليهم بعد.

٤٢- رغم أن حالات الاستنواع غير تعددي الصبغيات المتباين الحادثة في "وقت التجربة" نادرة، فإن هناك واحدة على الأقل تبدو جديرة بالتصديق. هذا يتضمن مجموعتين من البعوض في لندن، والتي عادة ما تُسمَّى كأنواع فرعية إلا أنها تُظهِر انعزالاً تكاثرياً هاماً. فـ Culex pipiens pipiens هي إحدى أكثر أنواع البعوض المدني شيوعاً، تضع إناثه البيض فقط بعدما يحصلن على وجبة دماء. أثناء الشتاء، يموت الذكور لكن الإناث يدخلن في حالة شبيهة بالسبات الشتوي تُدعى (التوقف الخِلاليّ) diapause. عند التزاوج، يُشكِّل الـpipiens حشوداً كبيرة يتزاوج فيها الذكور والإناث بشكلٍ جماعيّ.

أسفل بخمسة عشر قدماً، خلال أنفاق قطار لندن التحت أرضي، يعيش نوع فرعي وثيق الصلة، هو Culex pipiens molestus، يُدعى هكذا لأنه يفضل لدغ الثدييات، خاصة الذين يركبون القطار. (لقد صار إزعاجاً حقيقياً أثناء غارة الحرب العالمية الثانية، عندما اضطر آلاف اللندنيين إلى النوم في محطات السكة الحديدية أثناء الغارات الجوية). بجانب التطفل على الفئران والبشر، لا يحتاج molestus وجبة طعام ليضع

البيض، و _كما قد يتوقع المرء بالنسبة لساكني القنوات معتدلة الحرارة_يفضِّلون التزاوج في مساحات ضيِّقة ولا يتوقفون خلالياً خلال الشتاء.

الاختلاف في طريقة تزاوج هذين النوعين الفرعيين تؤدي إلى انعزال جنسي قوي بين الضربين في كلٍ من الطبيعة والمعمل. ذلك_مقترناً مع الاختلاف الجيني الهام بين الضربين_يدل على أنهما في طريقهما ليصيرا نوعين مختلفين. فإن بعض علماء الحشرات فعلياً يصنفونهما بهذه الطريقة باعتبارهما **Culex pipiens** و **Culex molestus**. وبما أن تشييد القطار تحت الأرض لم يُشرَع فيه حتى ستينيات القرن التاسع عشر، والكثير من الخطوط عمرها أقل من مئة عام، فإن هذا الحدث "الاستنواعي" ربما قد حدث خلال فترة الذاكرة المعاصرة. إن سبب كون هذه القصة ليست محكمة_رغم ذلك_هي أن هناك زوجاً مشابهاً من الأنواع في نيويورك: أحدهما فوق الأرض والآخر في أنفاق القطار النفقي الكهربي. يُحتمل أن يكون كلا الزوجين نماذج لزوجٍ متماثل ومختلف منذ زمن طويل والتي تعيش في كل مكان آخر في العالم، كل منهم قد هاجر إلى مكانه الخاص في لندن ونيويورك. ما نحتاجه لحل هذه المعضلة_وليس لدينا بعد_هو شجرة عائلة مبنية على الحمض النووي جيدة لهذا البعوض.

٤٣- اعتيد على تسمية هذه المجموعة بأشباه البشر أو البشرانيين **hominids**، لكن هذا المطلح أصبح مخصصاً اليوم لكل القرود العليا الحديثة والمنقرضة، بما في ذلك البشر والشمابز (جمع *شمبانزي*) والجوريلات والأورانجوتانات (*أو إنسان الغاب*)، وكل أسلافهم.

٤٤- كلمحة عن الطبيعة التنافسية لعلم السلالات البشرية القديمة فإن عدد الناس المتشاركين مفخرةَ اكتشاف وإعداد ووصف القرد البشري الساحلي **Sahelanthropus** كان ٣٨ شخصاً بورقة الإعلان عنه، كلهم لأجل جمجمة مفردة!

٤٥- الرابط http://www.youtube.com/watch?v=VDIMhKotWU&NR= 1 يُري شمبانزياً يمشي على رجلين على نحوٍ أخرق.

٤٦- انظر http://www.pbs.org/wgbh/evolution/library///l__.html لمشاهدة ڤيديو عن آثار الأقدام وكيف تكوَّنت.

٤٧- مع ملاحظة أن هذا كان في الحقيقة المرة الثانية التي يهاجر فيها خط التحدر البشري خـــارج إفريقيـــا، والأولى كانت انتشار الإنسان منتصب القامة **Homo erectus**.

٤٨- انظر http://www.talkorigins.org/faqs/homs/compare.html لدراسة عن كيفية تناول الخلقـــيين مـــع السجل البشري الأحفوري.

٤٩- على خلاف أغلب الرئيسيات، لا تُظهر إناث البشر أمارات مرئية أثناء التبويض. (فأعـــضاء التناســـل لإناث قرود البابونات_كمثال_تنتفخ وتصير حمراء عندما يكنَّ خصيبات). هناك أكثر من دســـتة نظريـــات بصدد سبب تطور إناث البشر ليُخفيت فترات خصوبتهن. أشهرها هو أن هذه إســـتيراتيجية أنثويـــة لإبقـــاء العشير بالجوار للإعالة ورعاية الأطفال. إن يكن الرجل لا يعرف متى تكون أنثاه خصيبة، ويُرِد أن يُنجَبَ لـــه أطفالٌ فيجب أن يرافقها ويزاوجها كثيراً.

٥٠- تأتي فكرة أن **FOXP2** هو جين اللغة من ملاحظة أنه قد تطور بسرعة فائقة في خط تحدر البـــشر، وأن الأشكال المُطفَّرة من الجين تؤثر على قدرة الناس على إنتاج وفهم الكلام، وأن الطفرات المشابهة في الفئـــران تجعل أطفال الفئران غير قادرين على الصرير.

٥١- في الحقيقة، لقد تمت المحاولة مرة واحدة على الأقل. ففي عـــام ١٩٢٧م، **Ilya Ivanovich Ivanov** وهو عالم أحياء روسي غريب الأطوار كانت براعته في عمل هجن حيوانية من خلال التخصيب الاصـــطناعي، استخدم تلك التقنية في محاولة صنع هجـــن بـــشرية/ شـــامبانزية (كانـــت لتـــسمى "**humanzees**" أو "**chumans**". في مركز حقليّ بجينيا الفرنسية، خصَّب ثلاث إناث شمبانزي بالحيوانات المنوية البشرية. لحسن الحظ، لم تحدث حالات حمل، وأُحبِطَتْ خططه اللاحقة لعمل تجربة عكسية.

٥٢- لقد تعرف علماء الأحياء على جينين على الأقل مسؤولين عن معظم الاختلاف في صبغ البـــشرة بـــين المجموعات السكانية الإفريقية والأورُبية. على نحو مثير للاهتمام، فقد اكتُشِفا كلاهما لأنهمـــا يـــؤثران علـــى اصطباغ الأسماك.

٥٣- وُصِفَت مؤخراً حالة مشابهة بالنسبة لـــ **amylase-1**، الإنزيم اللعابي الذي يُكسِّر النشا إلى ســـكريات بسيطة. فالمجموعات البشرية ذوات الأنظمة الغذائية المحتوية على نشا كثير_كاليابانيين والأوربيين_لديهم نسخ أكثر من الجين، عن المجموعات التي تعيش على أنظمة غذائية منخفضة النشا، كصيادي الأسمـــاك أو الجـــامعين

الصائدين في الغابات المطيرة. بالمقارنة مع إنزيم اللاكتيز lactase enzyme، أزاد الانتخاب الطبيعــي تعــبير الــ amylase-1 بتأييد تضاعف الجين الذي يُنتجه.

٥٤- فلنتذكر أن لا طعام له نكهة متأصلة، فكيفية تذوقها من الأفراد يعتمد على تفــاعلاتهم المتطــورة بــين مستقبلات التذوق والخلايا العصبية المنبَّهة في الدماغ. إنه مؤكدٌ تقريباً أن الانتخاب الطبيعي قد كيَّف أدمغتنا وبراعمنا التذوقية لكي نجد أن نكهات الحلويات والأطعمة الدسمة جذابة، حاثةً إيانا على البحــث عنــها. إن اللحم المتعفن على الأرجح بالنسبة إلى الضبع بنفس لذاذة آيس كريم النداي (طبق من الآيس كــريم يغطيــه شراب فواكه أو مكسرات أو كريمة Sundae)

٥٥- يعتقد معظم علماء النفس التطوري أن بيئة التكيف التطوري كانت حقيقة. إذ خلال ملايين الــسنوات من تطورالبشر كانت كلا البيئتين النفسية والاجتماعية متواصلتين نسبياً. لكننا لا نعلم شيئاً عن هــذا علمَــاً يقينياً. فبالنهاية، خلال سبعة ملايين سنة من التطور عاش أسلافنا في مناخات مختلفة، وتفــاعلوا مــع أنــواع متنوعة (بما في هذا بشريين آخرين)، وتفاعلوا في أنماطٍ مختلفة من المجتمعات، وانتشروا عبر كل الكوكب. هذه الفكرة أن قد كان هناك نوعٌ ما من (البيئة السلفية) التي نستطيع الاستشهاد بها لتفسير سلوك البشر الحديثين هي تصورٌ عقلانيّ، وافتراضٌ قِيمَ به لأن هذا على كلٍ كل ما يمكننا عمله.

معاني مصطلحات علمية

ملاحظة: بالنسبة إلى بعض الملاحظات_كـ"الجين"_فلدى العلماء تعريفات عديدة، عادةً تقنية وأحياناً على خلافٍ مع تعريف آخر. في مثل تلك الحالات قدَّمت ما أعتقد أنه أكثر التعريفات العاملة شيوعاً.

التأسل: التعبير الحادث أحياناً في نوع حي لصفة كانت قديماً موجودة في نوع سلفي لكن اختفت منذ ذلك الحين. أحد الأمثلة هو الظهور من آنٍ إلى آخر لذيلٍ عند أطفال البشر الرضع.

الأليل: شكل خاص من جين معين منتَج بالتطفر. على سبيل المثال، هناك ثلاثة أليلات لتشفير البروتين الذي يُنتِج فئة دمائنا: أليلات A وB وO . كلهم أشكال مطفرة لجين واحد يختلفون قليلاً فقط في تسلسل حمضهم النووي.

البشريين Hominins: كل الأنواع_الأحياء والمنقرضة_على الجانب "البشري" من الشجرة التطورية بعدما انقسم سلفنا المشترك مع الشمابز (جمع شمبانزي) إلى خطي تحدر أنتجا البشر الحديثين والشمابز الحديثين.

البشرانيين Hominoiea: البشر وكل الأنواع الشبيهة لهم الأقارب كالشمابز والجوريلات.

التجربة الحاكمة أو الضابطة: التجربة التي يُعزَل فيها أثر أحد المتغيرات في نظام ما عن طريق تثبيت جميع المتغيرات الأخرى ما عدا المتغير الذي تحت المراقبة.

التطفر: تغير صغير في الحمض النووي منزوع الأكسجين DNA، عادةً تغير قاعدة نيوكليوتيدية واحدة فقط في تسلسل القواعد التي تشكل الشفرة الجينية لكائن. كثيراً ما تنشأ الطفرات كأخطاءٍ أثناء نسخ جزيئات الحمض النووي والذي يصاحب انقسام الخلية.

التطور: التغير الجيني في المجموعات السكانية، والذي كثيراً ما يُحدِث تغيراتٍ في الصفات المرئية للكائنات خلال الزمن.

التطور الصغير: التغير التطوري "الثانوي"، كالتغير في حجم أو لونٍ نوعٍ. أحد الأمثلة هو تطور ألوان الجلد أو أنواع الشعر بين المجموعات السكانية البشرية، وآخر هو تطور مقاومة المضادات الحيوية في البكتريا.

التطور الكبير: التغير التطوري "الهام"، عادةً يُتصوَّر على أنه التغيرات الكبيرة في شكل الجسد أو تطور نوع من النبات أو الحيوان من نوعٍ آخر. التغير من سلفنا الرئيسيوي إلى البشر الحديثين، أو من الزواحف العتيقة إلى الطيور، يُعتبَر تطوراً كبيراً.

تعدد الأزواج: نظام تزاوجي تتزاوج فيه الإناث مع أكثر من ذكر.

تعدد الزوجات: نظام تزاوجي يتزاوج فيه الذكور مع أكثر من أنثى.

تعدد الصبغيات: نوع من الاستنواع، يتضمن التهجين، النوع الجديد فيه يكون له عددٌ مُزاد من الصبغيات. هذا يمكن أن يشتمل إما تعدد الصبغيات الذاتيّ أو تعدد الصبغيات التبايني (انظر).

التكاثر العذري: نوع من التكاثر اللاجنسي فيه يكوِّن الأفراد بيضاً يتنمى إلى بالغين دون تخصيب.

التكيف: سمة لكائن متعضي تطور بالانتخاب الطبيعي لأنه يؤدي وظيفة معينة أفضل من أسلافه. زهور النباتات_كمثال_هي تكيفات لجذب المُلقِّحين.

التكيف المتشعِّب: إنتاج أنواع جديدة عديدة أو كثيرة من سلف مشترك، عادةً عندما يغزو السلف مواطن جديدة وفارغة، كالأرخبيلات. التشعب (تكيفيّ) لأن الحواجز الجينية بين الأنواع تنشأ كنتيجة جانبية للانتخاب الطبيعي المُكيِّف للمجموعات السكانية مع بيئاتها. أحد الأمثلة هو الاستنواع المذهل لطيور honeycreepers في أرخبيل هاواي.

ثنائية الشكل الجنسي: سمة تميز بين ذكور وإناث نوعٍ، كالحجم أو وجود شعرالجسد في البشر.

الانجراف الجيني: التغير التطوري الذي يحدث بأخذ العينات العشوائي للأليلات المختلفة من جيل إلى التالي. هذا يُسبِّب تغيراً تطورياً غيرَ تكيفيّ.

الجغرافيا الحيوية: دراسة توزع النباتات والحيوانات على سطح الأرض.

الجزر القاريَّة: جزر_كجزر بريطانيا وجزيرة مدغشقر_كانت قديماً جزءً من القارات لكنها صارت منفصلة عنها بالانجراف القاري أو ارتفاع منسوب البحر.

الجزر المحيطية: جزيرة لم تكن قط متصلةً بقارة، بل_كجزر هاواي والجالاباجوس_كُوِّنَت بالبراكين أو قوى أخرى منتجةً أرضاً جديدة من تحت البحر.

الجنس: مجموعة سكانية مستقلة جغرافياً من النوع تختلف عن المجموعات السكانية الأخرى في واحدة أو أكثر من الصفات. يدعو علماء الأحياء الأجناسَ أحياناً بـ (الضروب البيئية) أو (الأنواع الفرعية).

الجين أو المورِّثة: قطعة من الحمض النووي الريبي منقوص الأكسوجين **DNA** تُنتِج بروتيناً أو مُنتَجَ حمض نووي ريبي **RNA**.

الجين الزائف: جين مُعطَّل لا يُنتِج منتَجاً بروتينياً.

الجينوم أو المَجين: المجموعة الجينية الكاملة لكائن (بكل أفراده)، مشتملة على كل جيناتهم وحمضهم النووي.

حواجز الانعزال التكاثري: السمات جينية الأساس لنوعٍ التي تمنعه من تكوين هجن خصيبة مع نوعٍ آخر، كالاختلافات في طقوس التودد التي تمنع التزاوج التهاجني.

رباعي الأرجل: حيوان فقاري ذو أربعة أطراف.
الرطل: وحدة للوزن تُستعمَل اليوم بشكل غالب في بريطانيا وأمركا وتساوي **٤٥٣,٥٩٢** جرام.

المتشابهان أو المقترنان: زوج من الصبغيات (الكروموسومات) يحتويان على نفس الجينات، رغم أنهما قد يكونان لهما أشكال مختلفة من هذه الجينات.

شفعيات الأصابع: مجموعة الثدييات التي لها عدد فردي من الأظلاف، كالجمال والخنازير.

شمابز: جمع عربي مقترح لكلمة شمبانزي.؟

الصفة الأثرية: صفة هي بقية تطورية لسمة كانت قديماً مفيدة في نوعٍ سلفيّ، لكنها لم تعد مفيدةً بنفس الطريقة. يمكن أن تكون الصفات الأثرية إما لاوظيفية (كجناحي الكيوي) أو منتَخَبة لاستعمالات جديدة (كجناحي النعام).

علم التصنيف: فرع من علم الأحياء التطوري يهتم بتمييز العلاقات التطورية بين الأنواع، وببناء الأشجار التطورية التي تُصوِّر تلك العلاقات.

تعبير الجين: عملية ظهور تأثير أو تأثيرات الجين أي إحداثه لها.

المُسْتَعرَض: المنطقة التي يتجمع فيها ذكور نوعٍ لأداء استعراضات التودد.

عاشبات: الحيوانات التي تتغذى على الأعشاب والنباتات.

قابلية التوارث: نسبة التباين المرئي في سمة والذي يُفسَّر بالتباين بين جينات الأفراد. ويتفاوت من صفر (كل التباين بسبب البيئة) إلى ١ (كل التباين بسبب الجينات)، تعطي قابلية التوارث فكرةً عن كيف تستجيب صفة بسهولة للانتخاب الطبيعي أو الاصطناعي. قابلية التوارث للطول عند البشر_كمثال_تتراوح ما بين ٠,٦ إلى ٠,٨٥، بناءً على المجموعات السكانية المختبَرة.

الكوة البيئة: مجموعة الظروف الفيزيائية والحيوية، بما في ذلك المناخ والطعام والمفترِسون والمفترَسون...إلخ، التي يواجهها نوعٌ معين في الطبيعة.

الملاءمة أو الصلاحية: في علم الأحياء التطوري، هو مصطلح فنيّ يدل على العدد النسبي للنسل المُنتَج من حاملي أليلٍ مقابلَ حاملي آخر. الأكثر نسلاً هم الأكثر صلاحيةً. لكن (الصلاحية) قد تُستعمَل أكثرَ للدلالة على مدى جودة تكيف كائن مع بيئته وأسلوب حياته.

لواحم: الحيوانات التي تتغذى على اللحوم.

الأمشاج: الخلايا التناسلية، بما فيها الحيوانات المنوية والبييضات الخاصة بالحيوانات، وحبوب اللقاح والبييضات للنباتات.

الانتخاب الطبيعي: التكاثر التفاضليّ غير العشوائيّ للأليلات من جيل إلى التالي. هذا يَنتُج عادةً من كون حاملي بعض الأليلات يكونون أفضل قدرةً على البقاء أحياء أو التكاثر في بيئاتهم عن حاملي الأليلات البديلة.

الانتخاب الجنسي: التكاثر التفاضلي غير العشوائي للأليلات التي تعطي لحامليها نجاحاً مختلفاً في الحصول على العشيرات. وهو أحد أشكال الانتخاب الطبيعي.

الانتخاب المُقِرّ (أو الموازن أو المرسِّخ أو المستقر): الانتخاب الطبيعي الذي يؤيِّد الأفراد "المتوسطين" في المجموعة السكانية عن الذين عند الحدود القصوى. أحد الأمثلة هو معدل البقاء الأعلى لحديثي الولادة من البشر الذين لهم وزن ولادةٍ متوسط عن الذين يولَدون أثقل أو أخف.

النوع: مجموعة من المجموعات السكانية الطبيعية المتزاوجة فيما بينها والمعزولة تكاثرياً عن المجموعات الأخرى. يُفضَّل هذا التعريف من قِبَل معظم علماء الأحياء، ويُعرَف أيضاً بـ (المفهوم علم الأحيائي للنوع).

الأنواع الأخوات: نوعان هما الأوثق صلة ببعضهما، أي أكثر صلة ببعضهما عن أي نوع آخر. البشر والشمابز مثيلٌ لهذا الزوج.

الاستنواع: نشأة المجموعات السكانية الجديدة المعزولة تكاثرياً عن المجموعات السكانية الأخرى.

الاستنواع الجغرافي: الاستنواع الذي يبدأ بالانعزال الجغرافي لمجموعتين سكانيتين أو أكثر، والتي بالتالي تطوِّر حواجز عزل تكاثري قائمةً على أساس جيني.

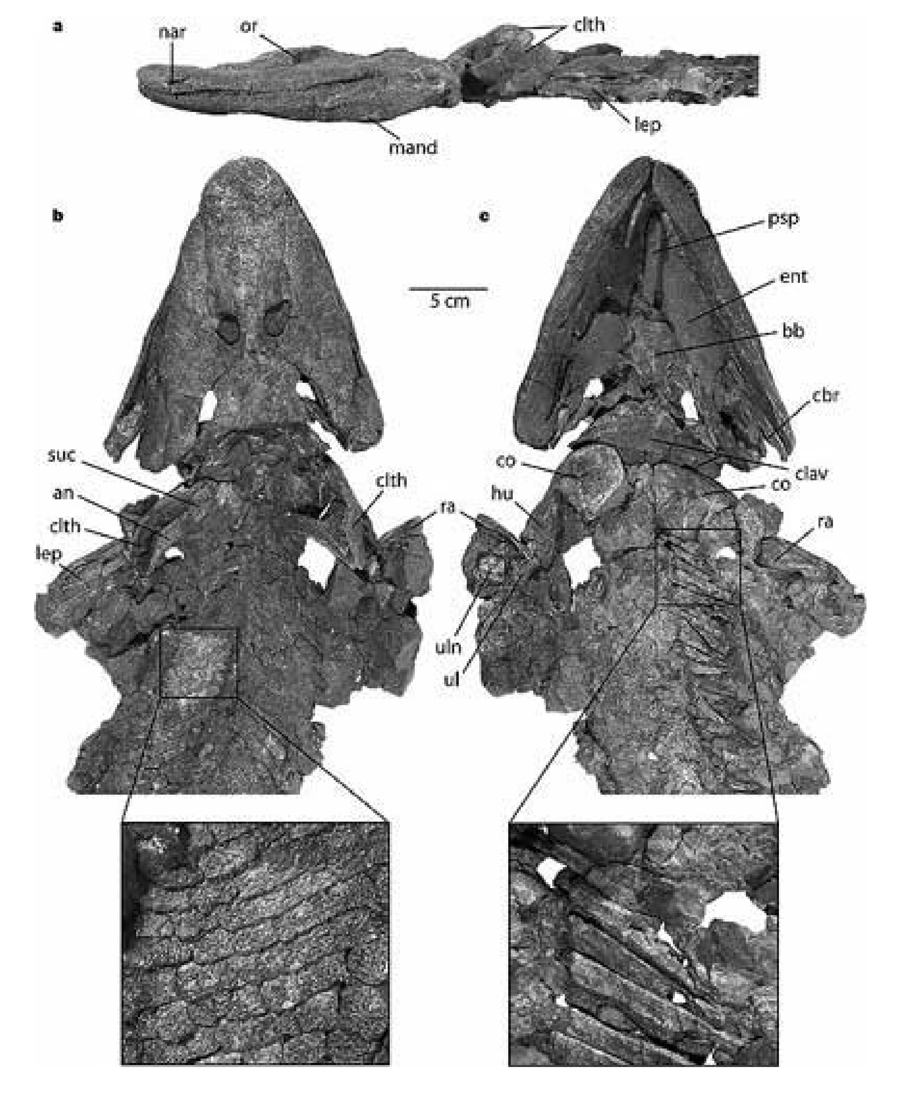
الاستنواع تعددي الصبغيات التبايني: نشأة نوع جديد من النبات بادئاً بتهجين نوعين مختلفين، متبوعاً بتضاعف عدد صبغيات الهجين.

الاستنواع ذاتي التعدد الصبغي: نشأة نوع جديد من النبات والذي يحدث عندما تُضاعَف المجموعة الكاملة من صبغيات نوع سلفيّ.

الاستنواع شاغل نفس المكان: الاستنواع الذي يحدث دون وجود أية حواجز جغرافية تعزل المجموعات السكانية فيزيائياً عن بعضها الآخر.

متوطِّن: صفة تدل على نوع مقتصر على منطقة معينة ولا يوجد في أي مكان آخر، كالبراقيش المتوطنة لجزر الجالاباجوس. يمكن أن تُستعمَل الكلمة أيضاً كاسم.

وقت المُلاحَظة **Real Time**: الوقت ما بين إدخال المعطيات والحصول على الحل، وتستخدم أكثر الأحيان في مجال الكمبيوتر، وقد اضطررت للتصرف في ترجمتي للمصطلح إلى العربية.



الشكل التوضيحي ٨ ب:

A منظرمن الجانب الأيسر؛b منظر ظهري مع صورة مكبرة أدناها للحراشف، C منظر بطني مع صورة مكبرة أدناها للضلوع الأمامية .

الاختصارات

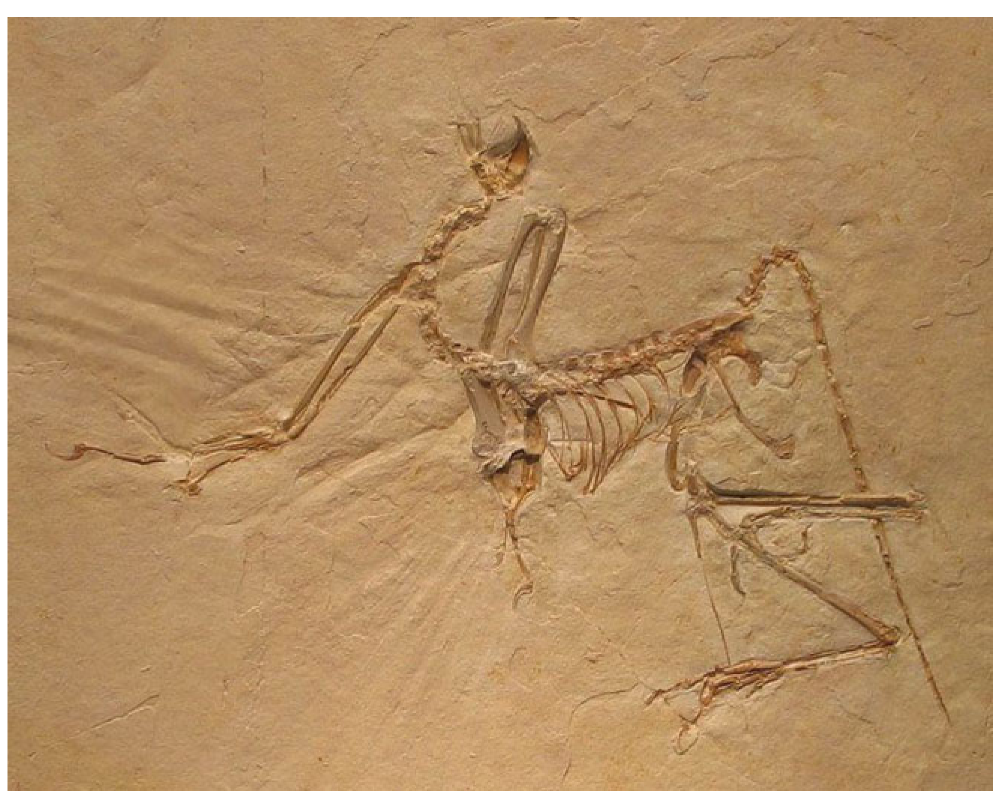
bb خيشوم سفلي؛ co عظام الكتف(العظم الغداقي : نامية عظمية لدى رباعيات الأقدام تبرز من العظم الكتفي الى عظم الصدر)، clav عظمتا الترقوة(العظمتان اللتان في أعلى الصدر ؛الرفيعتان ؛ بين ثغرة النحر والعاتق)؛cbr خيشوم قرني، entمنطقة العظم الوتدي للجمجمة _ينبغي أن أشير الى أن كثيرا من المواقع العلمية أشارت الى أن الجمجمة أي الرأس ،والرقبة أكثر تطوراً مما لدى الأسماك ،hu عظمة العضد(الجزء الأعلى من الذراع ؛الممتد من الكتف حتى الكوع)، lepحراشف منشعرة أي مغروزة كالشعر، mand عظام الفك السفلي، nar ثقب الأنف، or محجر العين، psp شبه عظم وتدي(العظم الوتدي عظم مركب يوجد في قاعدة الجمجمة)، ra عظم الكعبرة (أي أحد عظمتي الساعد الأكثر قرباً الى اصبع الابهام)،ul عظم الزند(العظم الممتد من الكوع الى معصم اليد)؛ uln عظام زندية

نسبة الصورة إلى ٥ سنتيمرات



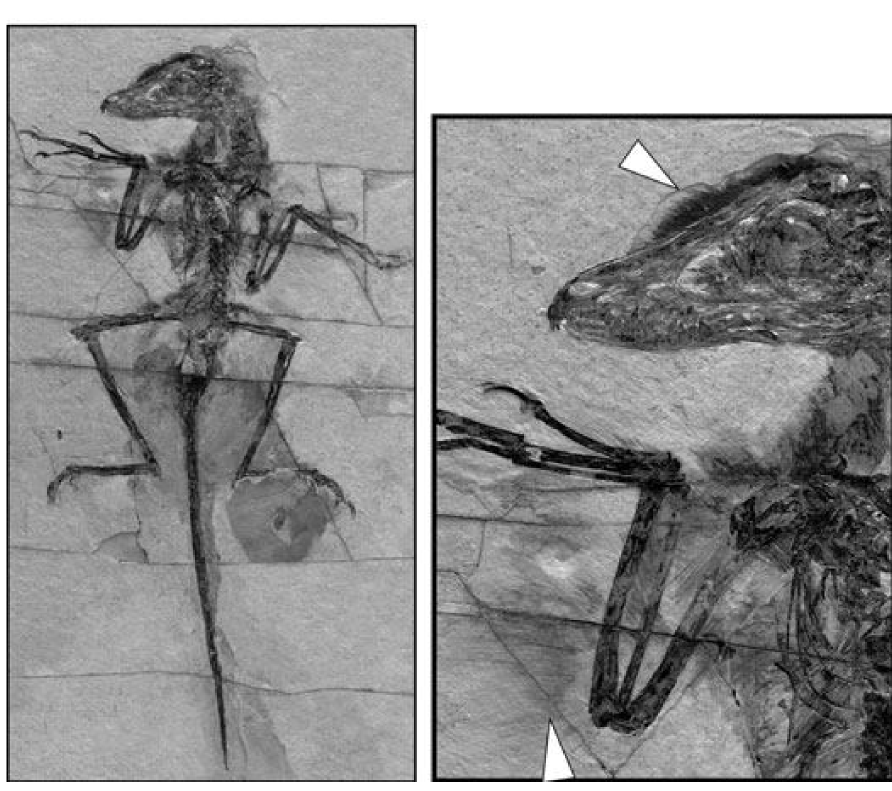
صورة ٩/ ٠ Colugo حيوان ثديي يتزلق عبر الهواء، وشبيه به السنجاب الطائر.





صور ٩ب من أشهر صور متحجرات الأريكوبتركس أو الطائر العتيق في ألواح الحجر الجيري ونرى بهما آثار الريش والفك ذا الأسنان والمخالب في اليدين وسائر الصفات، وقد اكتشف منها حتى اليوم عشرة متحجرت.

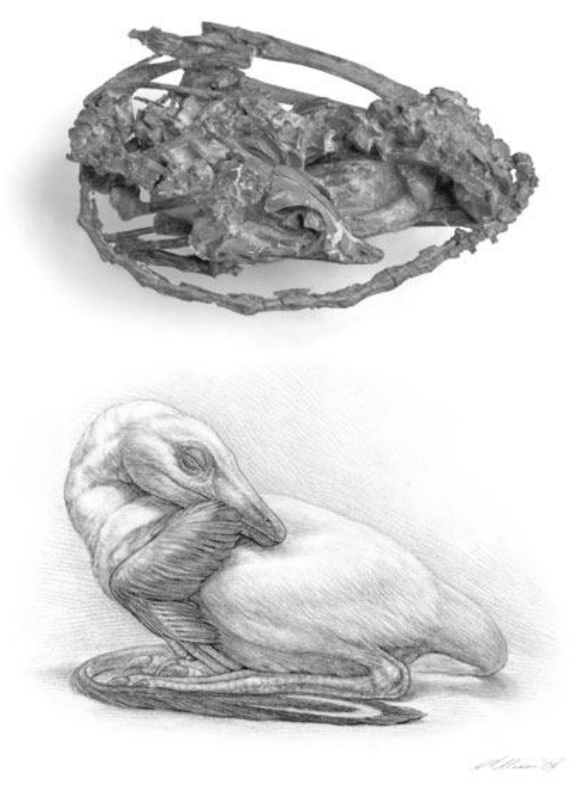




الصورة ١٠ أ: الديناصور المريش Sinornithosaurus millenii ، تعود المتحجرة الأصلية إلى حوالي ١٢٥ مليون سنة من الصين، وإعادة بناء رسام لها. تُظهر المتحجرة بوضوح انطباع الريش الشعيري، خاصة على الرأس والطرفين



لصورة ١٠ ب: الديناصور العجيب "الرباعي الأجنحة" **Microrapor gui** الذي كان لديه ريش طويل على كل من طرفيه الأماميين والخلفيين. هذا الريش مرئي بوضوح في المتحجرة، المؤرخة بـــ ١٢٠ مليون عام ماضٍ. ليس واضحاً ما إذا كان هذا الحيوان قد استطاع الطيران أم التزلق فقط، لكن "جناحيه" الخلفيين ساعداه على الأغلب حقاً في الهبوط، كما يظهر في إعادة بناء الرسام له.



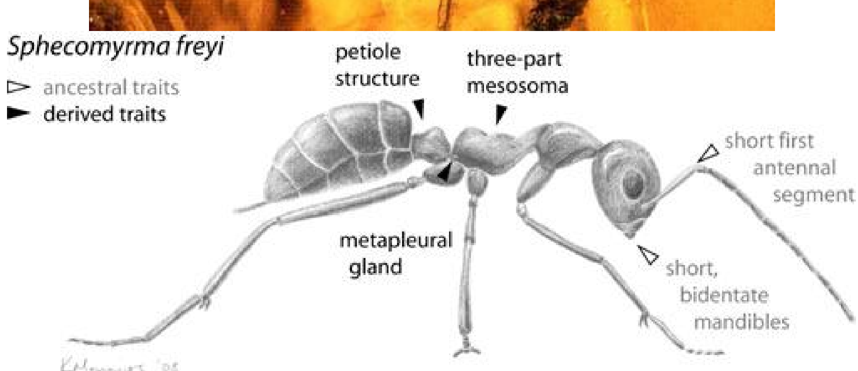


الصورة ١١أعلاه: سلوك تحجري: الديناصور الرشيق المجنح **Meilong** في الأعلى متحجراً في وضع نومٍ جاثمٍ شبه طـيري، نائمـاً ورأسـه مغطى تحت طرفه. في الوسط إعادة بناء الرسام له من المتحجرة. وبألسفل طائر حديث (عصفور منزلي يافع) نائماً في نفس الوضع.



صورة ١٢ب: تطور أرجل الحصان





شكل توضيحي ١٣:حشرة انتقالية: نملة عتيقة تُظهر صفات بدائية للزنابير (الأسهم الفاتحة)، سلفها المتنبأ به، وصفات مشتقة للنمل (الأسهم السوداء). وُجِدت عينة وحيدة من هذا النوع **Sphecomyrma freyi**، عثر عليها محفوظة في الكهرمان تعود إلى ٩٢ مليون عام ماضٍ.





صورة ١٣ب: في عام ٢٠٠٦ عثر علماء متحجرات منقبين في **Patagonia** على متحجرة لأقدم ثعبان معروف، يعود إلى تسعين مليون سنة. تماماً كما قد تُنبِأ، كان لديه حزام حوضي ضئيل ورجلين خلفيتين ضامرتين

صور ١٤أ: أنواع من الفأر الخلدي الحفار الأعمى



حيوان الخلد







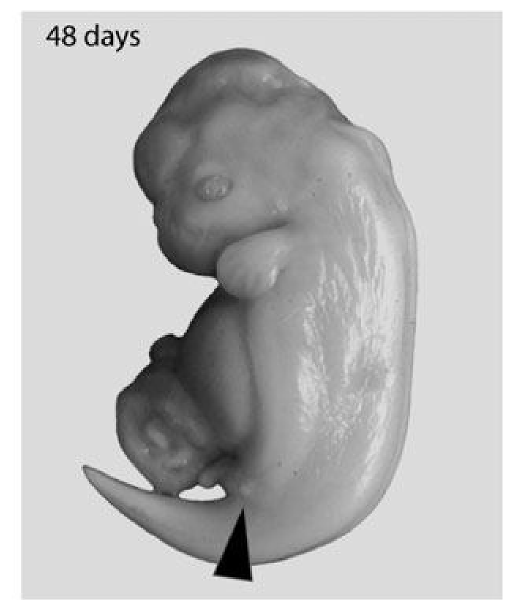
الصورة ١٤ب: ذيل أثري وآخر تأسلي. في اليسار بالأعلى: في أقاربنا الـذين لهـم ذيـول، كـالليمور أو الهبـار المطـوق **(Varecia variegata)**، إن فقرات الذيل (في المؤخرة) غير مدموجة (أول أربع فقرات مرقمة بـــ**C1** إلى **C4**). لكـن في "ذيـل" الإنـسان، أو العصعص (في اليمين بالأعلى)، فإن الفقرات المؤخرة مدموجة لتشكل بنية أثرية. في الأسفل: ذيل تأسلي لطفل إسرائيلي عمره ثلاثـة أشـهر. وأشعة **X** على الذي (في الأسفل باليمين) تُظهِر أن الثلاث فقرات المؤخرية أكثر مبراً وتطوراً جيداً عن الطبيعي، غير مندمجة، وتُقارِب حجم الفقرات العجزية (المرقمة بـ **S1** إلى **S5**). أزيل الذيل جراحياً لاحقاً.

الصورة ١٥: كيسا مح طبيعي وآخر أثري. الصورة العليا لكيس مح كامل لسمكة حمار وحش جنينية، مأخوذة من كيس البيضة بعمر يومين، قبل الفقس تماماً. الصورة السفلى لكيس مح فارغ أثري لجنين بشري عند حوالي أربع أسابيع. يُظهِر الجنينُ البشري في الصورة اليمنى الأقواس الخيشومية، وبرعم الطرف الخلفي، و"الذيل" أسفل الطرف الخلفي.



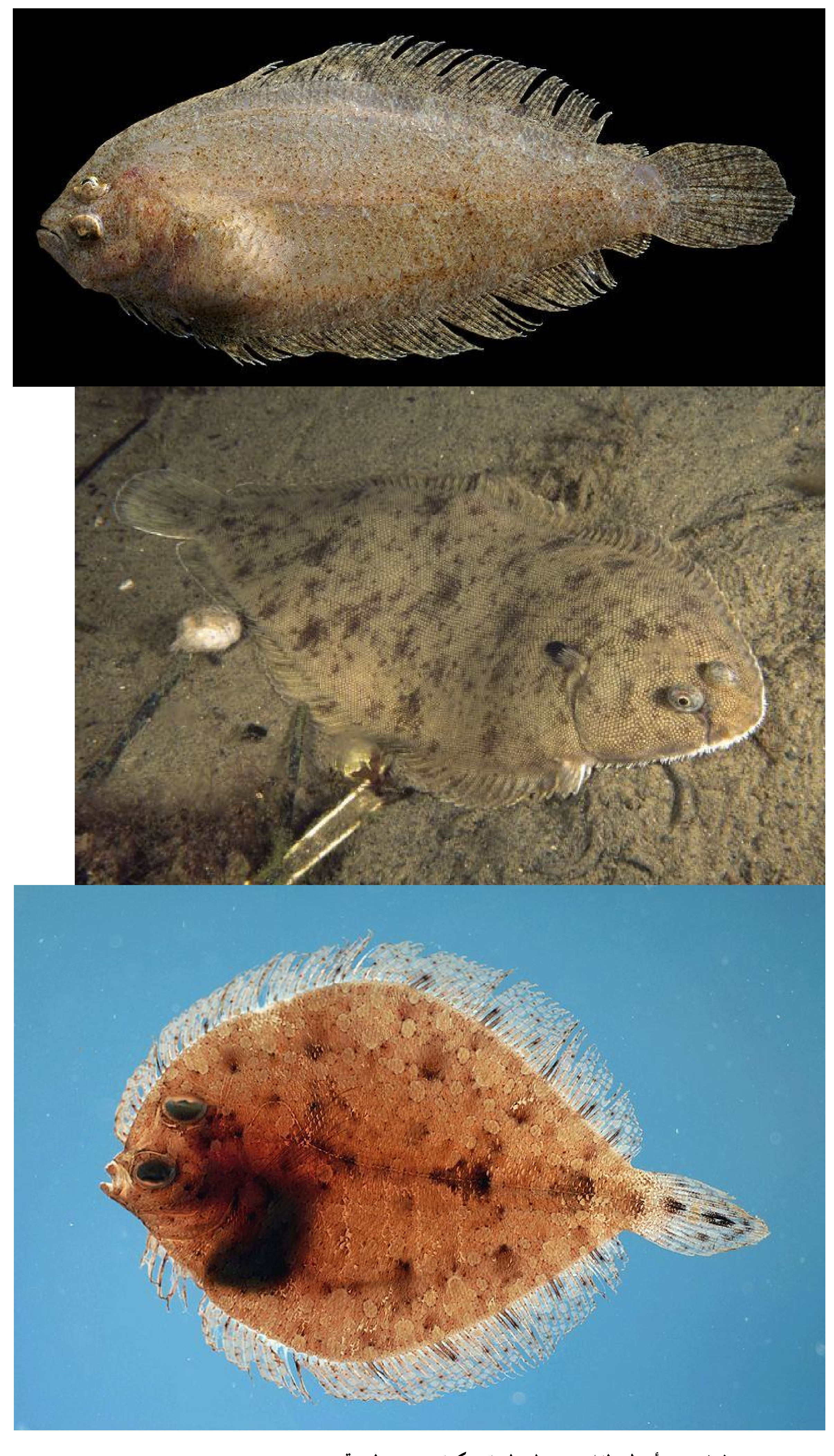
صورة مفلطح الفم أو البلاتيبوس الأسترالي ثديي أولي بيوض





الصورة ١٨أ: اختفاء تراكيب الرجلين الخلفيتين في الدولفين المنقط، بقايا تطورية من سلفه رباعي الأرجل البري. في الجنين بعمر ٢٤ يوماً (إلى اليسار) برعم الرجل الخلفية متطور على نحو جيد (مشار إليه بالمثلث)، أقل بقليل جداً من برعم الطرف الأمامي. بعمر ٤٨ يوماً (إلى السيمين) اختفى برعم الرجل الخلفية تقريباً بينما استمر الطرف الأمامي في التنمي إلى ما سيصير الزعنفتين.





صور ١٨ب: نماذج من أسماك الفلاوندر المسطحة وتكيف عينها التي تهاجر.



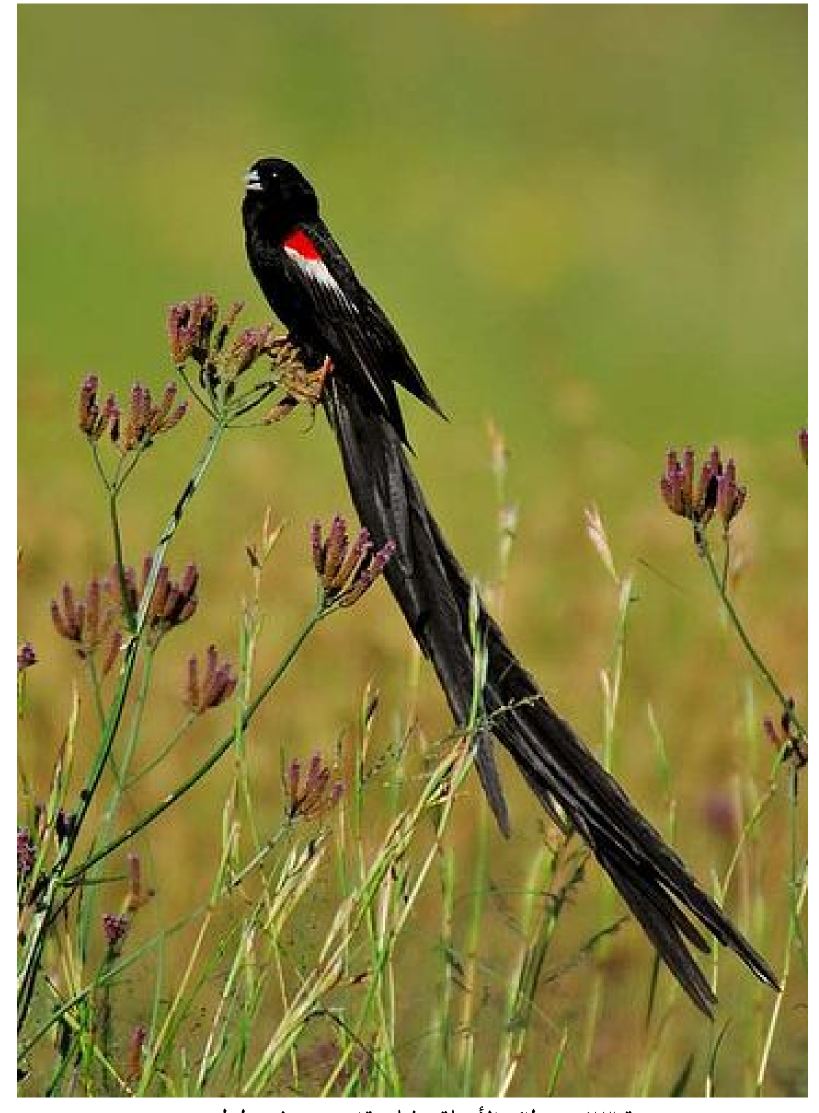
صورة ٢٢ب: جندب أمركي مموه ليبدو كورقة شجر.







صور٢٣أ: صور لبعض أكواخ طائر الكوخ الأسترالي



صورة ٢٣ب: طائر الأرملة وذيله يقارب ضعفي طول جسده





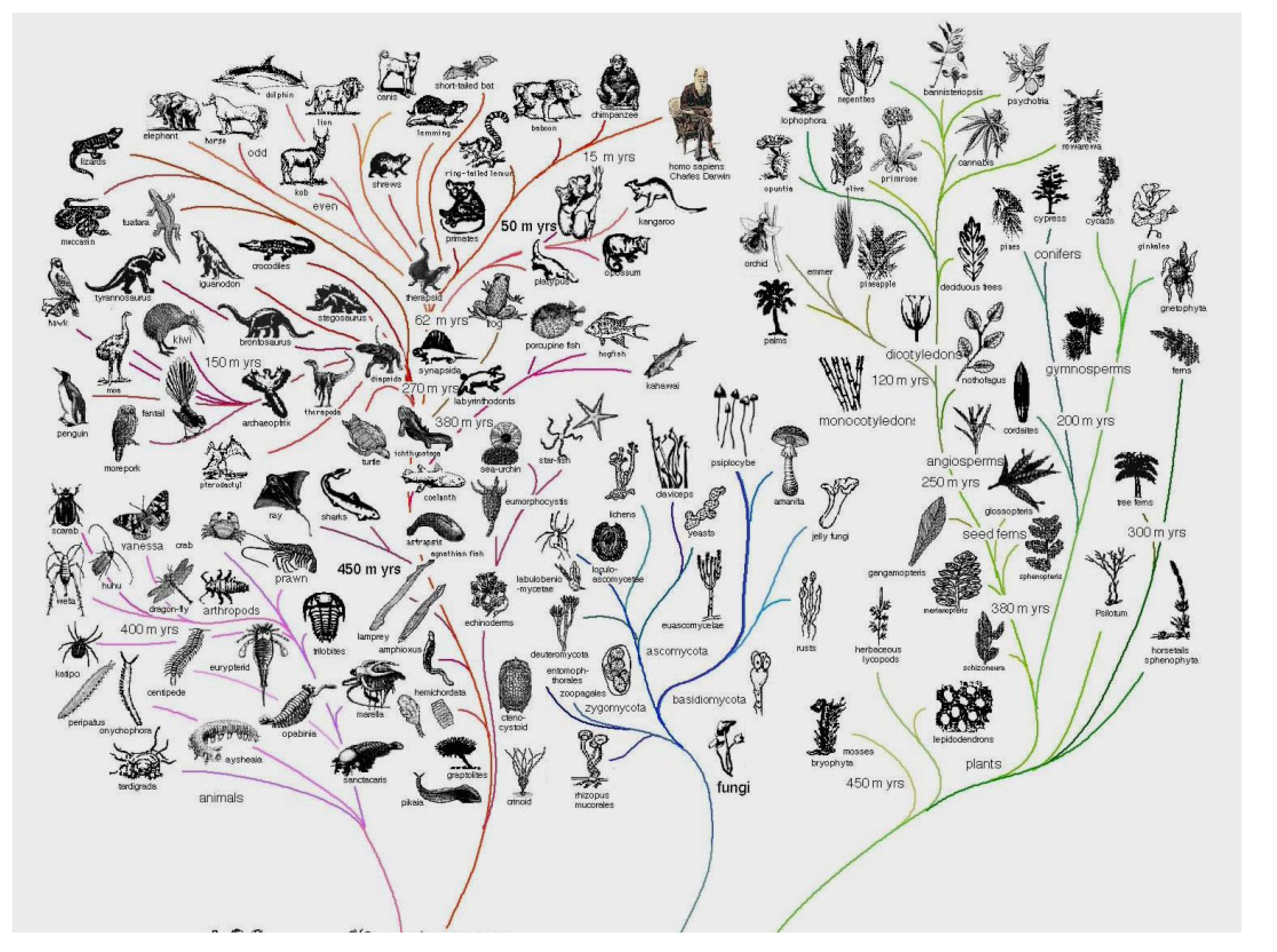
صورة ٢٣ج: الفرق في التلون شاسع بين ذكور وإناث أسماك الـــ **guppies**

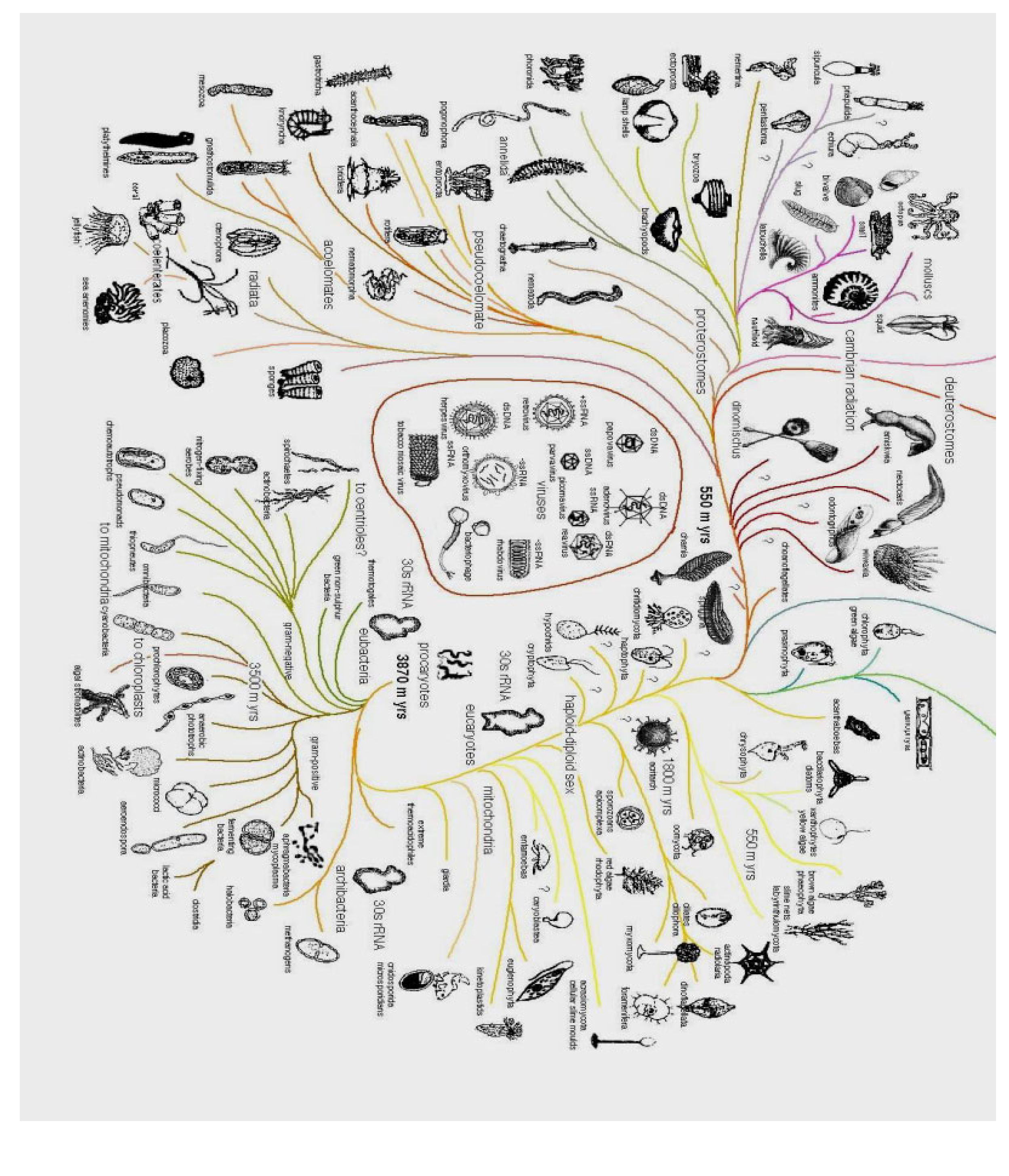


صورة ٢٣هـ: صراع ذكور الفقمات الفيلية على التزاوج مستخدمين أنيابهم وأوزانهم الثقيلة

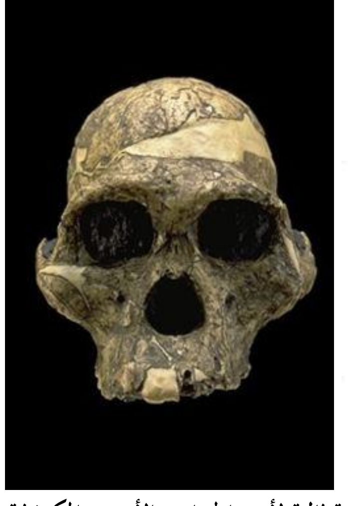


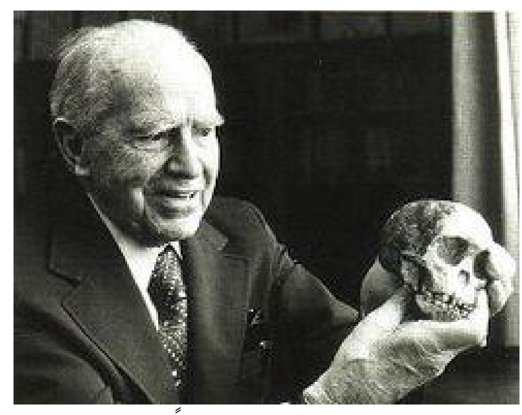
صورة ٢٣ز: الكتفية الحمراء لطائر الشحرور الأسود أحمر الكتفية


animals
fungi
plants
arthropods
400 m yrs
450 m yrs
150 m yrs
270 m yrs
380 m yrs
62 m yrs
50 m yrs
15 m yrs
odd
even
homo sapiens
Charles Darwin
chimpanzee
baboon
primates
kangaroo
opossum
platypus
therapsid
synapsida
labyrinthodonts
frog
porcupine fish
hagfish
kahawai
diapsida
stegosaurus
brontosaurus
tyrannosaurus
iguanodon
crocodiles
tuatara
moccasin
lizards
elephant
horse
dolphin
lion
canis
short-tailed bat
lemming
shrews
kob
kiwi
moa
hawk
penguin
fantail
morepork
archaeoptrix
therapoda
pterodactyl
turtle
ichthyostega
coelanth
astrapsis
agnathian fish
sea-urchin
star-fish
eumorphocystis
echinoderms
ray
sharks
scarab
vanessa
crab
prawn
huhu
weta
dragon-fly
trilobites
lamprey
amphioxus
katipo
centipede
eurypterid
peripatus
onychophora
opabinia
marella
hemichordata
aysheaia
terdigrada
sanctacaris
graptolites
pikaia
ceno-
cystoid
crinoid
ascomycota
basidiomycota
zygomycota
deuteromycota
entomoph-
thorales
zoopagales
rhizopus
mucorales
labulobenio
-mycetae
lopulo-
ascomycetae
lichens
claviceps
yeasts
euascomycetae
psiplocybe
amanita
jelly fungi
rusts
dicotyledons
monocotyledons
120 m yrs
angiosperms
250 m yrs
seed ferns
380 m yrs
gymnosperms
200 m yrs
conifers
300 m yrs
450 m yrs
lophophora
nepenthes
bannisteriopsis
psychotria
rewarewa
opuntia
olive
primrose
cannabis
cypress
cycads
ginkoleo
orchid
emmer
pineapple
deciduous trees
pines
gnetophyta
palms
nothofagus
cordaites
ferns
glossopteris
sphenopteris
tree ferns
gangamopteris
mariopteris
Psilotum
herbaceous
lycopods
schizoneura
horsetails
sphenophyta
mosses
bryophyta
lepidodendrons



صورة ٢٤: نموذج لشجرة حياة مبسطة





صور ٢٥: صورة لدارت في كبره حاملاً جمجمة طفل **Taung** وصورة أخرى للجمجمة وصورة ثالثة لأحد الجماجم الأخرى المكتشفة لنفس النوع **Africanus**



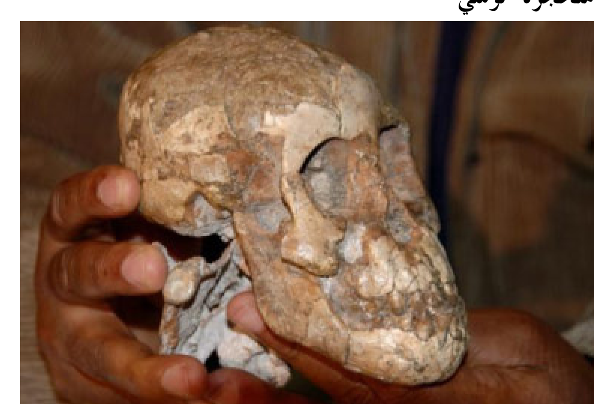
صورة ٢٨: جمجمة بشري الساحل المتحجرة ويعرف شعبياً باسم توماي



صور ٢٩: تُظهِر مجموعة مبكرة من الحفريات من كينيــا، صُــنِّفت ســوياً كـــــ **Australopithecus anamensis** تلميحاتٍ مشيرة للمشي على قدمين من عظمة ساق متحجرة وحيدة.



متحجرة "لوسي"



متحجرة "سالم" وهو من نفس نوعية لوسي

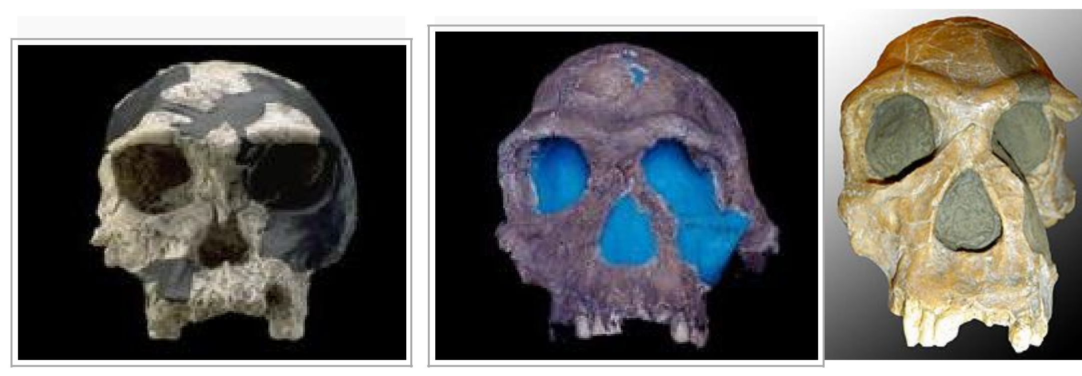


فك سفلي لأحد متحجرات العفاري المكتشفة في إثيوبيا ويلاحظ أن صف الأسنان شبه بيضاوي مع أسنان نابية أقل

صور ٣١: صور لمتحجرات عظام البشري العفاري.



صورة ٣٢: آثار أقدام **Laetoli**



صور٣٤: جماجم **Homo habilis** البشري صانع الأدوات



صور ٣٥: **Paranthropus robustus - Paranthropus aethiopicus - Paranthropus boisei**



صور٣٦: **H. ergaster , H. rudolfensis**



صور ٣٧: نماذج من المتحجرات المكتشفة للإنسان منتصب القامة **Homo erectus**



صور ٣٨: جامجم Homo heidelbergensis



صورة ٣٩: جمجمة لإنسان نندرثال



صورة ٤٠: صورة مقارنة بين حجم جمجمة الإنسان الفلورسي والإنسان الحديث

REFERENCES

PREFACE

Davis, P., and D. H. Kenyon. 1993. *Of Pandas and People: The Central Question of Biological Origins* (2nd ed.). Foundation for Thought and Ethics, Richardson, TX.

INTRODUCTION

BBC Poll on Evolution. Ipsos MORI. 2006. http://www.ipsos-mori.com/content/bbc-survey-on-the-origins-of-life.ashx

Berkman, M. B., J. S. Pacheco, and E. Plutzer. 2008. Evolution and creationism in America's schools: A national portrait. *Public Library of Science Biology* 6:e124.

Harris Poll #52. July 6, 2005. http://www.harrisinteractive.com/harris_poll/index.asp?PID=581

Miller, J. D., E. C. Scott, and S. Okamoto. 2006. Public acceptance of evolution. *Science* 313:765–766.

Shermer, M. 2006. *Why Darwin Matters: The Case Against Intelligent Design.* Times Books, New York.

CHAPTER 1: WHAT IS EVOLUTION?

Darwin, C. 1993. *The Autobiography of Charles Darwin.* (N. Barlow, ed.). W. W. Norton, New York.

Hazen, R. M. 2005. *Gen*e*sis: The Scientific Quest for Life's Origin.* Joseph Henry Press, Washington, DC.

Paley, W. 1802. *Natural Theology; or Evidences of the Existence and Attributes of the Deity, Collected from the Appearances of Nature.* Parker, Philadelphia.

CHAPTER 2: WRITTEN IN THE ROCKS

Apesteguía, S., and H. Zaher. 2006. A Cretaceous terrestrial snake with robust hindlimbs and a sacrum. *Nature* 440:1037–1040.

Chaline, J., B. Laurin, P. Brunet-Lecomte, and L. Viriot. 1993. Morphological trends and rates of evolution in arvicolids (Arvicolidae, Rodentia): Towards a punctuated equilibria/disequilibria model. *Quaternary International* 19: 27–39.

Chen, J. Y., D. Y. Huang, and C. W. Li. 1999. An early Cambrian craniate-like chordate. *Nature* 402:518–522.

Daeschler, E. B., N. H. Shubin, and F. A. Jenkins. 2006. A Devonian tetrapod-like fish and the evolution of the tetrapod body plan. *Nature* 440:757–763.

Dial, K. P. 2003. Wing-assisted incline running and the evolution of flight. *Science* 299:402–404.

Graur, D., and D. G. Higgins. 1994. Molecular evidence for the inclusion of cetaceans within the order Artiodactyla. *Molecular Biology and Evolution* 11:357–364.

Hedman, M. 2007. *The Age of Everything: How Science Explores the Past*. University of Chicago Press, Chicago.

Hopson, J. A. 1987. The mammal-like reptiles: A study of transitional fossils. *American Biology Teacher* 49:16–26.

Ji, Q., M. A. Norell, K. Q. Gao, S. A. Ji, and D. Ren. 2001. The distribution of integumentary structures in a feathered dinosaur. *Nature* 410:1084–1088.

Kellogg, D. E., and J. D. Hays. 1975. Microevolutionary patterns in Late Cenozoic Radiolaria. *Paleobiology* 1:150–160.

Lazarus, D. 1983. Speciation in pelagic protista and its study in the planktonic microfossil record: A review. *Paleobiology* 9:327–340.

Malmgren, B. A., and J. P. Kennett. 1981. Phyletic gradualism in a late Cenozoic planktonic foraminiferal lineage; Dsdp site 284, southwest Pacific. *Paleobiology* 7:230–240.

Norell, M. A., J. M. Clark, L. M. Chiappe, and D. Dashzeveg. 1995. A nesting dinosaur. *Nature* 378:774–776.

Organ, C. L., M. H. Schewitzer, W. Zheng, Lm. M. Freimark, L. C. Cantley, and J. M. Asara. 2008. Molecular phylogenetics of Mastodon and *Tyrannosaurus rex*. *Science* 320:499.

Peyer, K. 2006. A reconsideration of *Compsognathus* from the upper Tithonian of Canjers, Southern France. *Journal of Vertebrate Paleontology* 26:879–896.

Prum, R. O., and A. H. Brush. 2002. The evolutionary origin and diversification of feathers. *Quarterly Review of Biology* 77:261–295.

Sheldon, P. 1987. Parallel gradualistic evolution of Ordovician trilobites. *Nature* 330:561–563.

Shipman, P. 1998. *Taking Wing: Archaeopteryx and the Evolution of Bird Flight.* Weidenfeld & Nicholson, London.

Shu, D. G., H. L. Luo, S. C. Morris, X. L. Zhang, S. X. Hu, L. Chen, J. Han, M. Zhu, Y. Li, and L. Z. Chen. 1999. Lower Cambrian vertebrates from South China. *Nature* 402:42–46.

——— S. C. Morris, J. Han, Z. F. Zhang, K. Yasui, P. Janvier, L. Chen, X. L. Zhang, J. N. Liu, Y. Li, and H. Q. Liu. 2003. Head and backbone of the Early Cambrian vertebrate *Haikouichthys*. *Nature* 421:526–529.

Shubin, N. H., E. B. Daeschler, and F. A. Jenkins. 2006. The pectoral fin *of Tiktaalik roseae* and the origin of the tetrapod limb. *Nature* 440:764–771.

Sutera, R. 2001. The origin of whales and the power of independent evidence. *Reports of the National Center for Science Education* 20:33–41.

Thewissen, J. G. M., L. N. Cooper, M. T. Clementz, S. Bajpail, and B. N. Tiwari. 2007. Whales originated from aquatic artiodactyls in the Eocene epoch of India. *Nature* 450:1190–1194.

Wells, J. W. 1963. Coral growth and geochronometry. *Nature* 187:948–950.

Wilson, E. O., F. M. Carpenter, and W. L. Brown. 1967. First Mesozoic ants. *Science* 157:1038–1040.

Xu, X., and M. A. Norell. 2004. A new troodontid dinosaur from China with avian-like sleeping posture. *Nature* 431:838–841.

——— X.-L. Wang, and X.-C. Wu. 1999. A dromaeosaurid dinosaur with a filamentous integument from the Yixian Formation of China. *Nature* 401:262–266.

——— Z. H. Zhou, X.-L. Wang, X. W. Kuang, F. C. Zhang, and X. K. Du. 2003. Four-winged dinosaurs from China. *Nature* 421:335–340.

CHAPTER 3: REMNANTS: VESTIGES, EMBRYOS, AND BAD DESIGN

Andrews, R. C. 1921. A remarkable case of external hind limbs in a humpback whale. *American Museum Novitates* 9:1–6.

Bannert, N., and R. Kurth. 2004. Retroelements and the human genome: New perspectives on an old relation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101:14572–14579.

Bar-Maor, J. A., K. M. Kesner, and J. K. Kaftori. 1980. Human tails. *Journal of Bone and Joint Surgery* 62:508–10.

Behe, M. 1996. *Darwin's Black Box.* Free Press, New York.

Bejder, L., and B. K. Hall. 2002. Limbs in whales and limblessness in other vertebrates: Mechanisms of evolutionary and developmental transformation and loss. *Evolution and Development* 4:445–458.

Brawand D., W. Wahli, and H. Kaessmann. 2008. Loss of egg yolk genes in mammals and the origin of lactation and placentation. *Public Library of Science Biology* 6(3):e63.

Chen, Y. P., Y. D. Zhang, T. X. Jiang, A. J. Barlow, T. R. St Amand, Y. P. Hu, S. Heaney, P. Francis-West, C. M. Chuong, and R. Maas. 2000. Conservation of early odontogenic signaling pathways in Aves. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 97:10044–10049.

Dao, A. H., and M. G. Netsky. 1984. Human tails and pseudotails. *Human Pathology* 15:449–453.

Dobzhansky, T. 1973. Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *American Biology Teacher* 35:125–129.

Friedman, M. 2008. The evolutionary origin of flatfish asymmetry. *Nature* 454:209–212.

Gilad, Y., V. Wiebe, M. Przeworski, D. Lancet, and S. Pääbo. 2004. Loss of olfactory receptor genes coincides with the acquisition of full trichromatic vision in primates. *Public Library of Science Biology* 2:120–125.

Gould, S. J. 1994. *Hen's Teeth and Horses' Toes: Further Reflections in Natural History.* W. W. Norton, New York.

Hall, B. K. 1984. Developmental mechanisms underlying the formation of atavisms. *Biological Reviews* 59:89–124.

Harris, M. P., S. M. Hasso, M. W. J. Ferguson, and J. F. Fallon. 2006. The development of archosaurian first-generation teeth in a chicken mutant. *Current Biology* 16:371–377.

Johnson, W. E., and J. M. Coffin. 1999. Constructing primate phylogenies from ancient retrovirus sequences. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 96:10254–10260.

Kishida, T., S. Kubota, Y. Shirayama, and H. Fukami. 2007. The olfactory receptor gene repertoires in secondary-adapted marine vertebrates: Evidence for reduction of the functional proportions in cetaceans. *Biology Letters* 3:428–430.

Kollar, E. J., and C. Fisher. 1980. Tooth induction in chick epithelium: Expression of quiescent genes for enamel synthesis. *Science* 207:993–995.

Krause, W. J., and C. R. Leeson. 1974. The gastric mucosa of 2 monotremes: The duck-billed platypus and echidna. *Journal of Morphology* 142:285–299.

Medstrand, P., and D. L. Mager. 1998. Human-specific integrations of the HERV-K endogenous retrovirus family. *Journal of Virology* 72:9782–9787.

Larsen, W. J. 2001. *Human Embryology* (3rd Edition). Churchill Livingston, Philadelphia.

Niimura, Y., and M. Nei. 2007. Extensive gains and losses of olfactory receptor genes in mammalian evolution. *Public Library of Science One* 2:e708.

Nishikimi, M., R. Fukuyama, S. Minoshima, N. Shimizu, and K. Yagi. 1994. Cloning and chromosomal mapping of the human nonfunctional gene for L-gulono-γ-lactone oxidase, the enzyme for L-ascorbic-acid biosynthesis missing in man. *Journal of Biological Chemistry* 269:13685–13688.

—— and K. Yagi. 1991. Molecular basis for the deficiency in humans of gulonolactone oxidase, a key enzyme for ascorbic acid biosynthesis. *American Journal of Clinical Nutrition* 54:1203S–1208S.

Ohta, Y., and M. Nishikimi. 1999. Random nucleotide substitutions in primate nonfunctional gene for L-gulono-γ-lactone oxidase, the missing enzyme in L-ascorbic acid biosynthesis. *Biochimica et Biophysica Acta* 1472: 408–411.

Ordoñez, G. R., L. W. Hiller, W. C. Warren, F. Grutzner, C. Lopez-Otin, and X. S. Puente. 2008. Loss of genes implicated in gastric function during platypus evolution. *Genome Biology* 9:R81.

Richards, R. J. 2008. *The Tragic Sense of Life: Ernst Haeckel and the Struggle over Evolution.* University of Chicago Press, Chicago.

Romer, A. S., and T. S. Parsons. 1986. *The Vertebrate Body.* Sanders College Publishing, Philadelphia.

Sadler, T. W. 2003. *Langman's Medical Embryology* (9th Edition). Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia.

Sanyal, S., H. G. Jansen, W. J. de Grip, E. Nevo, and W. W. de Jong. 1990. The eye of the blind mole rat, *Spalax ehrenbergi.* Rudiment with hidden function? *Investigative Ophthalmology and Visual Science* 31:1398–1404.

Shubin, N. 2008. *Your Inner Fish.* Pantheon, New York.

Rouquier, S., A. Blancher, and D. Giorgi. 2000. The olfactory receptor gene repertoire in primates and mouse: Evidence for reduction of the functional fraction in primates. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 97:2870–2874.

von Baer, K. E. 1828. *Entwickelungsgeschichte der Thiere: Beobachtung und Reflexion* (Vol. 1). Königsberg, Bornträger.

Zhang, Z. L., and M. Gerstein. 2004. Large-scale analysis of pseudogenes in the human genome. *Current Opinion in Genetics & Development* 14:328–335.

CHAPTER 4: THE GEOGRAPHY OF LIFE

Barber, H. N., H. E. Dadswell, and H. D. Ingle. 1959. Transport of driftwood from South America to Tasmania and Macquarie Island. *Nature* 184:203–204.

Brown, J. H., and M. V. Lomolino. 1998. *Biogeography* (2nd Edition). Sinauer Associates, Sunderland, MA.

Browne, J. 1983. *The Secular Ark: Studies in the History of Biogeography.* Yale University Press, New Haven and London.

Carlquist, S. 1974. *Island Biology.* Columbia University Press, New York.

—— 1981. Chance dispersal. *American Scientist* 69: 509–516.

Censky, E. J., K. Hodge, and J. Dudley. 1998. Over-water dispersal of lizards due to hurricanes. *Nature* 395:556–556.

Goin, F. J., J. A. Case, M. O. Woodburne, S. F. Vizcaino, and M. A. Reguero. 2004. New discoveries of "opposum-like" marsupials from Antarctica (Seymour Island, Medial Eocene). *Journal of Mammalian Evolution* 26:335–365.

Guilmette, J. E., E. P. Holzapfel, and D. M. Tsuda. 1970. Trapping of air-borne insects on ships in the Pacific (Part 8). *Pacific Insects* 12:303–325.

Holzapfel, E. P., and J. C. Harrell. 1968. Transoceanic dispersal studies of insects. *Pacific Insects* 10:115–153.

——— 1970. Trapping of air-borne insects in the Antarctic area (Part 3). *Pacific Insects* 12:133–156.

McLoughlin, S. 2001. The breakup history of Gondwana and its impact on pre-Cenozoic floristic provincialism. *Australian Journal of Botany* 49:271–300.

Reinhold, R. March 21, 1982. Antarctica yields first land mammal fossil. *New York Times.*

Woodburne, M. O., and J. A. Case. 1996. Dispersal, vicariance, and the Late Cretaceous to early tertiary land mammal biogeography from South America to Australia. *Journal of Mammalian Evolution* 3:121–161.

Yoder, A. D., and M. D. Nowak. 2006. Has vicariance or dispersal been the predominant biogeographic force in Madagascar? Only time will tell. *Annual Review of Ecolology, Evolution, and Systematics* 37:405–431.

CHAPTER 5: THE ENGINE OF EVOLUTION

Carroll, S. P., and C. Boyd. 1992. Host race radiation in the soapberry bug: Natural history with the history. *Evolution* 46:1052–1069.

Dawkins, R. 1996. *Climbing Mount Improbable.* Penguin, London.

Doebley, J. F., B. S. Gaut, and B. D. Smith. 2006. The molecular genetics of crop domestication. *Cell* 127:1309–1321.

Doolittle, W. F., and O. Zhaxbayeva. 2007. Evolution: Reducible complexity—the case for bacterial flagella. *Current Biology* 17: R510–R512.

Endler, J. A. 1986. *Natural Selection in the Wild.* Princeton University Press, Princeton, NJ.

Franks, S. J., S. Sim, and A. E. Weis. 2007. Rapid evolution of flowering time by an annual plant in response to a climate fluctuation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104:1278–1282.

Gingerich, P. D. 1983. Rates of evolution: Effects of time and temporal scaling. *Science* 222:159–161.

Grant, P. R. 1999. *Ecology and Evolution of Darwin's Finches*. (Rev. Edition). Princeton University Press, Princeton, NJ.

Hall, B. G. 1982. Evolution on a petri dish: The evolved β-galactosidase system as a model for studying acquisitive evolution in the laboratory. *Evolutionary Biology* 15:85–150.

Hoekstra, H. E., R. J. Hirschmann, R. A. Bundey, P. A. Insel, and J. P. Crossland. 2006. A single amino acid mutation contributes to adaptive beach mouse color pattern. *Science* 313:101–104.

Jiang, Y., and R. F. Doolittle. 2003. The evolution of vertebrate blood coagulation as viewed from a comparison of puffer fish and sea squirt genomes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100:7527–7532.

Kaufman D. W. 1974. Adaptive coloration in *Peromyscus polionotus*: Experimental selection by owls. *Journal of Mammalogy* 55: 271–283.

Lamb, T. D., S. P. Collin, and E. N. Pugh. 2007. Evolution of the vertebrate eye: Opsins, photoreceptors, retina and eye cup. *Nature Reviews Neuroscience* 8:960–975.

Lenski, R. E. 2004. Phenotypic and genomic evolution during a 20,000-generation experiment with the bacterium *Escherichia coli. Plant Breeding Reviews* 24:225–265.

Miller, K. R. 1999. *Finding Darwin's God: A Scientist's Search for Common Ground Between God and Evolution.* Cliff Street Books, New York.

—— 2008. *Only a Theory: Evolution and the Battle for America's Soul.* Viking, New York.

Neu, H. C. 1992. The crisis in antibiotic resistance. *Science* 257:1064–1073.

Nilsson, D.-E., and S. Pelger. 1994. A pessimistic estimate of the time required for an eye to evolve. *Proceedings of the Royal Society of London*, Series B, 256: 53–58.

Pallen, M. J., and N. J. Matzke. 2006. From *The Origin of Species* to the origin of bacterial flagella. *Nature Reviews Microbiology* 4:784–790.

Rainey, P. B., and M. Travisano. 1998. Adaptive radiation in a heterogeneous environment. *Nature* 394:69–72.

Reznick, D. N., and C. K. Ghalambor. 2001. The population ecology of contemporary adaptations: what empirical studies reveal about the conditions that promote adaptive evolution. *Genetica* 112:183–198.

Salvini-Plawen, L. V., and E. Mayr. 1977. On the evolution of photoreceptors and eyes. *Evolutionary Biology* 10:207–263.

Steiner, C. C., J. N. Weber, and H. E. Hoekstra. 2007. Adaptive variation in beach mice produced by two interacting pigmentation genes. *Public Library of Science Biology* 5:e219.

Vila, C., P. Savolainen, J. E. Maldonado, I. R. Amorim, J. E. Rice, R. L. Honeycutt, K. A. Crandall, J. Lundeberg, and R. K. Wayne. 1997. Multiple and ancient origins of the domestic dog. *Science* 276:1687–1689.

Weiner, J. 1995. *The Beak of the Finch: A Story of Evolution in Our Time.* Vintage, New York.

Xu, X., and R. F. Doolittle. 1990. Presence of a vertebrate fibrinogen-like sequence in an echinoderm. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 87:2097–2101.

Yanoviak, S. P., M. Kaspari, R. Dudley, and J. G. Poinar. 2008. Parasite-induced fruit mimicry in a tropical canopy ant. *American Naturalist* 171:536–544.

Zimmer, C. 2001. *Parasite Rex: Inside the Bizarre World of Nature's Most Dangerous Creatures.* Free Press, New York.

CHAPTER 6: HOW SEX DRIVES EVOLUTION

Andersson, M. 1994. *Sexual Selection.* Princeton University Press, Princeton, NJ.

Burley, N. T., and R. Symanski. 1998. "A taste for the beautiful": Latent aesthetic mate preferences for white crests in two species of Australian grassfinches. *American Naturalist* 152:792–802.

Butler, M. A., S. A. Sawyer, and J. B. Losos. 2007. Sexual dimorphism and adaptive radiation in Anolis lizards. *Nature* 447:202–205.

Butterfield, N. J. 2000. *Bangiomorpha pubescens* n. gen., n. sp.: Implications for the evolution of sex, multicellularity, and the Mesoproterozoic/Neoproterozoic radiation of eukaryotes. *Paleobiology* 3: 386–404.

Darwin, C. 1871. *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex.* Murray, London.

Dunn, P. O., L. A. Whittingham, and T. E. Pitcher. 2001. Mating systems, sperm competition, and the evolution of sexual dimorphism in birds. *Evolution* 55:161–175.

Endler, J. A. 1980. Natural selection on color patterns in *Poecilia reticulata*. *Evolution* 34:76–91.

Field, S. A., and M. A. Keller. 1993. Alternative mating tactics and female mimicry as postcopulatory mate-guarding behavior in the parasitic wasp *Cotesia rubecula. Animal Behaviour* 46:1183–1189.

Futuyma, D. J. 1995. *Science on Trial: The Case for Evolution*. Sinauer Associates, Sunderland, MA.

Hill, G. E. 1991. Plumage coloration is a sexually selected indicator of male quality. *Nature* 350:337–339.

Husak, J. F., J. M. Macedonia, S. F. Fox, and R. C. Sauceda. 2006. Predation cost of conspicuous male coloration in collared lizards (*Crotaphytus collaris*): An experimental test using clay-covered model lizards. *Ethology* 112:572–580.

Johnson, P. E. 1993. *Darwin on Trial* (2nd Edition). InterVarsity Press, Downers Grove, IL.

Madden, J. R. 2003. Bower decorations are good predictors of mating success in the spotted bowerbird. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 53:269–277.

—— 2003. Male spotted bowerbirds preferentially choose, arrange and proffer objects that are good predictors of mating success. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 53:263–268.

McFarlan, D. (ed.). 1989. *Guinness Book of World Records.* Sterling Publishing Co., New York.

Petrie, M. 1994. Improved growth and survival of offspring of peacocks with more elaborate trains. *Nature* 371:598–599.

—— and T. Halliday. 1994. Experimental and natural changes in the peacock's (*Pave cristatus*) train can affect mating success. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 35:213–217.

—— —— and C. Sanders. 1991. Peahens prefer peacocks with elaborate trains. *Animal Behaviour* 41:323–331.

Price, C. S. C., K. A. Dyer, and J. A. Coyne. 1999. Sperm competition between *Drosophila* males involves both displacement and incapacitation. *Nature* 400:449–452.

Pryke, S. R., and S. Andersson. 2005. Experimental evidence for female choice and energetic costs of male tail elongation in red-collared widowbirds. *Biological Journal of the Linnean Society* 86:35–43.

Vehrencamp, S. L., J. W. Bradbury, and R. M. Gibson. 1989. The energetic cost of display in male sage grouse. *Animal Behaviour* 38:885–896.

Wallace, A. R. 1892. Note on sexual selection. *Natural Science Magazine*, p. 749.

Welch, A. M., R. D. Semlitsch, and H. C. Gerhardt. 1998. Call duration as an indicator of genetic quality in male gray tree frogs. *Science* 280:1928–1930.

CHAPTER 7: THE ORIGIN OF SPECIES

Abbott, R. J., and A. J. Lowe. 2004. Origins, establishment and evolution of new polyploid species: *Senecio cambrensis* and *S. eboracensis* in the British Isles. *Biological Journal of the Linnean Society* 82:467–474.

Adam, P. 1990. *Saltmarsh Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Ainouche, M. L., A. Baumel, and A. Salmon. 2004. *Spartina anglica* C. E. Hubbard: A natural model system for analysing early evolutionary changes that affect allopolyploid genomes. *Biological Journal of the Linnean Society* 82:475–484.

——— ——— ——— and G. Yannic. 2004. Hybridization, polyploidy and speciation in *Spartina* (Poaceae). *New Phytologist* 161:165–172.

Byrne, K., and R. A. Nichols. 1999. *Culex pipiens* in London Underground tunnels: Differentiation between surface and subterranean populations. *Heredity* 82:7–15.

Clayton, N. S. 1990. Mate choice and pair formation in Timor and Australian mainland zebra finches. *Animal Behaviour* 39:474–480.

Coyne, J. A. 1997. "Patterns of speciation in *Drosophila*" revisited. *Evolution* 51:295–303.

——— and H. A. Orr. 1989. Patterns of speciation in *Drosophila*. *Evolution* 43:362–381.

——— ——— 2004. *Speciation.* Sinauer Associates, Sunderland, MA.

——— and T. D. Price. 2000. Little evidence for sympatric speciation in island birds. *Evolution* 54:2166–2171.

Dodd, D. M. B. 1989. Reproductive isolation as a consequence of adaptive divergence in *Drosophila pseudoobscura*. *Evolution* 43:1308–1311.

Gallardo, M. H., C. A. Gonzalez, and I. Cebrian. 2006. Molecular cytogenetics and allotetraploidy in the red vizcacha rat, *Tympanoctomys barrerae* (Rodentia, Octodontidae). *Genomics* 88:214–221.

Haldane, J. B. S. Natural selection. pp. 101–149 in P. R. Bell, ed., *Darwin's Biological Work: Some Aspects Reconsidered.* Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Johnson, S. D. 1997. Pollination ecotypes of *Satyrium hallackii* (Orchidaceae) in South Africa. *Botanical Journal of the Linnean Society* 123:225–235.

Kent, R. J., L. C. Harrington, and D. E. Norris. 2007. Genetic differences between *Culex pipiens* f. molestus and *Culex pipiens pipiens* (Diptera: Culicidae) in New York. *Journal of Medical Entomology* 44:50–59.

Knowlton, N., L. A. Weigt, L. A. Solórzano, D. K. Mills, and E. Bermingham. 1993. Divergence in proteins, mitochondrial DNA, and reproductive compatibility across the Isthmus of Panama. *Science* 260:1629–1632.

Losos, J. B., and D. Schluter. 2000. Analysis of an evolutionary species–area relationship. *Nature* 408:847–850.

Mayr, E. 1942. *Systematics and the Origin of Species*. Columbia University Press, New York.

—— 1963. *Animal Species and Evolution*. Harvard University Press, Cambridge, MA.

Pinker, S. 1994. *The Language Instinct*: *The New Science of Language and Mind.* HarperCollins, New York.

Ramsey, J. M., and D. W. Schemske. 1998. The dynamics of polyploid formation and establishment in flowering plants. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 29:467–501.

Savolainen, V., M.-C. Anstett, C. Lexer, I. Hutton, J. J. Clarkson, M. V. Norup, M. P. Powell, D. Springate, N. Salamin, and W. J. Baker. 2006. Sympatric speciation in palms on an oceanic island. *Nature* 441:210–213.

Schliewen, U. K., D. Tautz, and S. Pääbo. 1994. Sympatric speciation suggested by monophyly of crater lake cichlids. *Nature* 368:629–632.

Weir, J., and R. Ingram. 1980. Ray morphology and cytological investigations of *Senecio cambrensis* Rosser. *New Phytologist* 86:237–241.

Xiang, Q.-Y., D. E. Soltis, and P. S. Soltis. 1998. The eastern Asian and eastern and western North American floristic disjunction: Congruent phylogenetic patterns in seven diverse genera. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 10:178–190.

CHAPTER 8: WHAT ABOUT US?

Barbujani, G., A. Magagni, E. Minch, and L. L. Cavalli-Sforza. 1997. An apportionment of human DNA diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 94: 4516–4519.

REFERENCES

Bradbury, J. 2004. Ancient footsteps in our genes: Evolution and human disease. *Lancet* 363:952–953.

Brown, P., T. Sutikna, M. J., Morwood, R. P. Soejono, E. Jatmiko, E. W. Saptomo, and R. A. Due. 2004. A new small-bodied hominin from the Late Pleistocene of Flores, Indonesia. *Nature* 431:1055–1061.

Brunet, M., et al. 2002. A new hominid from the Upper Miocene of Chad, central Africa. *Nature* 418:145–151.

Bustamante, C. D., et al. 2005. Natural selection on protein-coding genes in the human genome. *Nature* 437:1153–1157.

Dart R. A. 1925. *Astralopithecus africanus*: The Man-Ape of South Africa. *Nature* 115: 195–199.

—— (with D. Craig). 1959. *Adventures with the Missing Link.* Harper, New York.

Davis, P., and D. H. Kenyon. 1993. *Of Pandas and People: The Central Question of Biological Origins* (2nd Edition). Foundation for Thought and Ethics, Richardson, TX.

Demuth, J. P., T. D. Bie, J. E. Stajich, N. Cristianini, and M. W. Hahn. 2007. The evolution of mammalian gene families. *Public Library of Science* ONE. 1:e85.

Enard, W., and S. Pääbo. 2004. Comparative primate genomics. *Annual Review of Genomics and Human Genetics* 5:351–378.

—— M. Przeworski, S. E. Fisher, C. S. L. Lai, V. Wiebe, T. Kitano, A. P. Monaco, and S. Pääbo. 2002. Molecular evolution of *FOXP2*, a gene involved in speech and language. *Nature* 418:869–872.

Enattah, N. S., T. Sahi, E. Savilahti, J. D. Terwilliger, L. Peltonen, and I. Jarvela. 2002. Identification of a variant associated with adult-type hypolactasia. *Nature Genetics* 30:233–237.

Frayer, D. W., M. H. Wolpoff; A. G. Thorne, F. H. Smith and G. G. Pope. 1993. Theories of modern human origins: The Paleontological Test 1993. *American Anthropologist* 95: 14–50.

Gallup Poll, The: Evolution, Creationism, and Intelligent Design. http://www.galluppoll.com/content/default.aspx?ci=21814

Gould, S. J. 1981. *The Mismeasure of Man*. W. W. Norton, New York.

Johanson, D. C., and M. A. Edey. 1981. *Lucy: The Beginnings of Humankind*. Simon and Schuster, New York.

Jones, S. 1995. *The Language of Genes*. Anchor, London.

King, M. C., and A. C. Wilson. 1975. Evolution at two levels in humans and chimpanzees. *Science* 188:107–116.

Kingdon, J. 2003. *Lowly Origin: Where, When, and Why Our Ancestors First Stood Up*. Princeton University Press, Princeton, NJ.

Lamason, R. L., et al. 2005. SLC24A5, a putative cation exchanger, affects pigmentation in zebrafish and humans. *Science* 310:1782–1786.

Lewontin, R. C. 1972. The apportionment of human diversity. *Evolutionary Biology* 6:381–398.

Miller, C. T., S. Beleza, A. A. Pollen, D. Schluter, R. A. Kittles, M. D. Shriver, and D. M. Kingsley. 2007. *cis*-Regulatory changes in kit ligand expression and parallel evolution of pigmentation in sticklebacks and humans. *Cell* 131:1179–1189.

Morwood, M. J., et al. 2004. Archaeology and age of a new hominin from Flores in eastern Indonesia. *Nature* 431:1087–1091.

Mulder, M. B. 1988. Reproductive success in three Kipsigis cohorts. pp. 419–435 in T. H. Clutton-Brock, ed., *Reproductive Success: Studies of Individual Variation in Contrasting Breeding Systems.* University of Chicago Press, Chicago.

Obendorf, P. J., C. E. Oxnard, and B. J. Kefford. 2008. Are the small human-like fossils found on Flores human endemic cretins? *Proceedings of the Royal Society of London*, Series B, 275:1287–1296.

Perry, G. H., et al. 2007. Diet and the evolution of human amylase gene copy number variation. *Nature Genetics* 39: 1256–1260.

Pinker, S. 1994. *The Language Instinct*: *The New Science of Language and Mind*. HarperCollins, New York.

——— 2008. Have humans stopped evolving? http://www.edge.org/q2008/q08_8.html#pinker

Richmond, B. G., and W. L. Jungers. 2008. *Orrorin tugenensis* femoral morphology and the evolution of hominin bipedalism. *Science* 319:1662–1665.

Rosenberg, N. A., J. K. Pritchard, J. L. Weber, H. M. Cann, K. K. Kidd, L. A. Zhivotovsky, and M. W. Feldman. 2002. Genetic structure of human populations. *Science* 298:2381–2385.

Sagan, Carl. 2000. *Carl Sagan's Cosmic Connection: An Extraterrestrial Perspective*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Suwa, G., R. T. Kono, S. Katoh, B. Asfaw, and Y. Beyene. 2007. A new species of great ape from the late Miocene epoch in Ethiopia. *Nature* 448:921–924.

Tishkoff, S. A., et al. 2007. Convergent adaptation of human lactase persistence in Africa and Europe. *Nature Genetics* 39:31–40.

Tocheri, M. W., C. M. Orr, S. G. Larson, T. Sutikna, Jatmiko, E. W. Saptomo, R. A. Due, T. Djubiantono, M. J. Morwood, and W. L. Jungers. 2007. The primitive wrist of *Homo floresiensis* and its implications for hominin evolution. *Science* 317:1743–1745.

Wood, B. 2002. Hominid revelations from Chad. *Nature* 418:133–135.

CHAPTER 9: EVOLUTION REDUX

Brown, D. E. *Human Universals*. 1991. Temple University Press, Philadelphia.

Coulter, A. 2006. *Godless: The Church of Liberalism*. Crown Forum (Random House), New York.

Dawkins, R. 1998. *Unweaving the Rainbow: Science, Delusion, and the Appetite for Wonder*. Houghton Mifflin, New York.

Einstein, A. 1999. *The World as I See It*. Citadel Press, Secaucus, NJ.

Feynman, R. 1999. *The Pleasure of Finding Things Out*. Public Broadcasting System television program.

Interview with Michael Ruse and J. Scott Turner. "Off the Page": Harvard University Press author forum. http://harvardpress.typepad.com/off_the_page/j_scott_turner/index.html

McEwan, I. 2007. End of the world blues. pp. 351–365 in C. Hitchens, ed., *The Portable Atheist*. Da Capo Press, Cambridge, MA.

Miller, G. 2000. *The Mating Mind: How Sexual Choice Shaped the Evolution of Human Nature*. Doubleday, New York.

Pearcey, N. 2004. Darwin meets the Berenstain bears: Evolution as a total worldview. pp. 53–74 in W. A. Dembski, ed., *Uncommon Dissent: Intellectuals Who Find Darwinism Unconvincing*. ISI Books, Wilmington, DE.

Pinker, S. 1994. *The Language Instinct: The New Science of Language and Mind*. HarperCollins, New York.

—— 2000. Survival of the clearest. *Nature* 404:441–442.

Pinker, S. 2003. *The Blank Slate: The Modern Denial of Human Nature*. Penguin, New York.

Price, J., L. Sloman, R. Gardner, P. Gilber, and P. Rohde. 1994. The social competition hypothesis of depression. *British Journal of Psychiatry* 164:309–315.

Thornhill, R., and C. T. Palmer. 2000. *A Natural History of Rape: Biological Bases of Sexual Coercion.* MIT Press, Cambridge, MA.

Wilson, E. O. 1975. *Sociobiology: The New Synthesis*. Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, MA.

ILLUSTRATION CREDITS

FIGURES 1–3: Illustrations by Kalliopi Monoyios.

FIGURE 4: Illustration by Kalliopi Monoyios after Malmgren and Kennett (1981).

FIGURE 5: Illustration by Kalliopi Monoyios after Kellogg and Hays (1975).

FIGURE 6: Illustration by Kalliopi Monoyios after Sheldon (1987).

FIGURE 7: Illustration by Kalliopi Monoyios after Kellogg and Hayes (1975).

FIGURE 8: Illustration by Kalliopi Monoyios.

FIGURE 9: Illustration by Kalliopi Monoyios (*Compsognathus* after Peyer 2006).

FIGURE 10A: Illustration of *Sinornithosaurus* by Mick Ellison, used with permission; fossil with permission of the American Museum of Natural History.

FIGURE 10B: Illustration of *Microraptor* by Kalliopi Monoyios; fossil with permission of the American Museum of Natural History.

FIGURE 11: Illustration of *Mei long* by Mick Ellison, used with permission; fossil with permission of the American Museum of Natural History; sparrow photograph courtesy of José Luis Sanz, Universidad Autónoma de Madrid.

FIGURE 12: Illustration by Kalliopi Monoyios.

FIGURE 13: Illustration by Kalliopi Monoyios after Wilson et al. (1967).

FIGURE 14: Illustrations by Kalliopi Monoyios, tail photographs from Bar-Maor et al. (1980), used with permission of *The Journal of Bone and Joint Surgery*.

FIGURE 15: Zebrafish photograph courtesy of Dr. Victoria Prince, human embryo photograph courtesy of the National Museum of Health and Medicine.

FIGURE 16: Illustrations by Kalliopi Monoyios.

FIGURE 17: Illustrations by Alison E. Burke.

FIGURE 18: Photographs by Dr. Ivan Misek, used with permission.

FIGURE 19: Illustrations by Alison E. Burke.

FIGURE 20: Illustrations by Kalliopi Monoyios.

FIGURE 21: Illustrations by Kalliopi Monoyios, fossil distribution after McLoughlin (2001).

FIGURES 22, 23: Illustrations by Kalliopi Monoyios.

FIGURE 24: Illustration by Kalliopi Monoyios after Wood (2002).

FIGURES 25–27: Illustrations by Kalliopi Monoyios.

"في عصر داروين، كانت الأدلة على نظرياته قد سيطرت لكن لم تُحسَم على نحو كامل. يمكننا أن نقول_من ثم_أن التطور كان نظرية (وإن كانت نظرية مدعومة بقوة) عندما اقتُرِحَت لأول مرة من قِبَل تشارلز داروين، ومنذ عام ١٨٥٩ تقدمت إلى (مرحلة الحقيقة) إذ تراكمت أدلة داعمة أكثر فأكثر. لا يزال التطور يدعى (نظرية)، تماماً مثل نظرية الجاذبية، لكنها نظرية هي أيضاً حقيقة.

إذن، كيف نختبر النظرية التطورية ضد الرؤية العامية الشائعة التي لا تزال بأن الحياة قد خُلِقت وظلت بلا تغير من بَعدُ؟ هناك في الواقع نوعان من الأدلة: الأول يأتي من استعمال المبادئ الستة لنظرية التطور لعمل تنبؤات قابلة للاختبار. لا أعني بكلمة تنبؤات أن نظرية التطور يمكنها التنبؤ بكيف ستتطور الكائنات في المستقبل. بالأحرى، فهي تتنبأ بما سوف نجده في الأنواع الحية أو المنقرضة عندما ندرسهم. ها هنا بعض التنبؤات التطورية:

- بما أن هناك متحجرات بقيت من أشكال الحياة القديمة، فيجب أن نكون قادرين على العثور على بعض الأدلة على التغير التطوري في السجل الأحفوري. إن أعمق (وأقدم) طبقات الصخر ستحتوي على متحجرات لأنواع أكثر بدائية، وبعض المتحجرات يجب ان تصير أكثر تعقيداً كلما صارت طبقات الصخر أحدث، مع كائنات مشابهة للأنواع المعاصرة الموجودة في أكثر الطبقات حداثة. ويجب ان نرى بعض الأنواع تتغير عبر الزمن، مشكلة خط تحدر يرينا "سلالة مع التعديل" أو بمعنى آخر تكيف.

- يجب أن نكون قادرين على العثور على بعض حالات الاستنواع في السجل الأحفوري، مع خط تحدر واحد ينقسم إلى اثنين أو أكثر. ويجب أن نكون قادرين على العثور على أنواع جديدة تتكون في الطبيعة.

- يجب أن نجد أمثلة على أنواع تربط المجموعات الرئيسية التي يُظن أنها لها سلف مشترك ببعضها البعض، كالطيور مع الزواحف، والأسماك مع البرمائيات. علاوة على ذلك، فإن هذه "الحلقات المفقودة" أو بمصطلح أكثر ملاءمة تدعى "الأشكال الانتقالية" يجب أن تظهر في طبقات الصخر التي تؤرَّخ بالزمن الذي يُفترَض أن المجموعتين انفصلتا فيه.

- نتوقع أن تُظهر الأنواع تبايناً جينياً في الصفات العديدة (وإلا لما كانت هناك إمكانية لحدوث التطور).

- العيوب هي علامة التطور، لا التصميم المُدرك. يجب إذن أن نكون قادرين على إيجاد حالات تكيف معيبة، لم يكن التطور فيها قادراً على أن ينجز نفس درجة المثالية كما كان ليفعل صانعٌ.

- يجب أن نرى الانتخاب الطبيعي يعمل في الطبيعة.

بالإضافة إلى هذه التنبؤات، يمكن أن يُدعَم التطور أيضاً بما أسميه (التنبؤات الارتجاعية): أي الحقائق والمعطيات التي ليست بالضرورة يُتَنَبَّأ بها بنظرية التطور، لكن يصير لها منطق فقط في ضوء نظرية التطور. التنبؤات الارتجاعية أسلوب صحيح لعمل العلم، فعلى سبيل المثال، بعض الأدلة التي تدعم (الاضطراب البنيوي لصفائح الأرض) أتت فقط بعدما عرف العلماء كيف يقرؤون التغيرات القديمة في اتجاه المجال المغناطيسي للأرض من عينات صخور على قاع البحر. تتضمن بعض التنبؤات الارتجاعية التي تدعم التطور نماذج من توزع الأنواع على سطح الأرض، وسمات كيفية تطور الكائنات من الأجنة، ووجود سمات أثرية ليس لها فائدة واضحة. هذه هي مواضيع الفصلين الثالث والرابع.

إذن، تتنبأ النظرية التطورية بتنبؤات ظاهرة وواضحة. قضى داروين حوالي عشرين عاماً يجمع الأدلة على نظريته قبل أن ينشر (أصل الأنواع). ذلك كان منذ أكثر من ١٥٠ عاماً مضت. كثير من المعارف العلمية قد تراكمت منذ ذلك! كثير من المتحجرات قد وُجِدَت، كثير من الأنواع جُمِعت ورُسِمت توزيعاتها على خريطة العالم، كثير من الأعمال أكثر في كشف اللثام عن العلاقات التطورية بين الأنواع المختلفة. ونشأت كل فروع العلوم التي لم يحلم بها داروين، بما في ذلك علم الأحياء الجزيئي وتصنيف الكائنات (دراسة العلاقات التطورية بين الكائنات المتعضية).

كما سوف نرى، فكل الأدلة_القديمة والحديثة على السواء_تقود على نحو لا يمكن تجنبه إلى الاستنتاج بأن التطور حقيقة."

من الفصل الأول من الكتاب